



Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física
Sociedade Brasileira de Física
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense

Ana Laura Loureiro Martins Nascimento

**SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVA INTERDISCIPLINAR
SOBRE FOTOSSÍNTESE**

Ana Laura Loureiro Martins Nascimento

SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVA INTERDISCIPLINAR SOBRE
FOTOSSÍNTESE

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense, no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Pierre Schwartz Augé

Biblioteca Anton Dakitsch
CIP - Catalogação na Publicação

N244s Nascimento, Ana Laura Loureiro Martins
Sequência de Ensino Investigativa interdisciplinar sobre fotossíntese /
Ana Laura Loureiro Martins Nascimento - 2021.
183 f.: il. color.

Orientador: Pierre Schwartz Augé

Dissertação (mestrado) -- Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia Fluminense, Campus Campos Centro, Curso de Mestrado
Nacional Profissional em Ensino de Física, Campos dos Goytacazes, RJ,
2021.
Referências: f. 119 a 125.

1. Ensino de Física. 2. Sequência de Ensino Investigativa. 3.
Fotossíntese. I. Augé, Pierre Schwartz , orient. II. Título.

SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVA INTERDISCIPLINAR SOBRE
FOTOSSÍNTESE

Ana Laura Loureiro Martins Nascimento

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense, no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

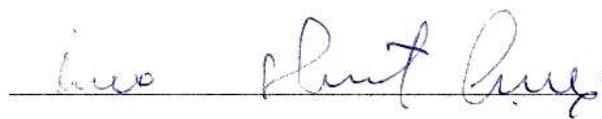
Aprovada em 20 de julho de 2021.

Banca Examinadora:


Dr. Wander Gomes Ney
IFFluminense


Dr. Tiago Destéfani Admiral
IFFluminense


Dr^a. Maria Lúcia Netto Grillo
UERJ


Dr. Pierre Schwartz Augé
Presidente e Orientador - IFFluminense

DEDICATÓRIA

Dedico esta dissertação à minha família, especialmente à minha mãe e irmã, por toda paciência, parceria, apoio e amor.

Dedico também aos docentes que mesmo com tantas dificuldades almejam um Ensino melhor.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus por estar presente em todos os momentos da minha vida iluminando meu caminhar nesta trajetória.

Agradeço imensamente minha mãe, Ana Luisa Martins, por não medir esforços para me amparar e incentivar tentando proporcionar sempre o melhor para minha vida.

A minha irmã, Ana Flávia Nascimento, pelo estímulo frequente, apoio, parceria.

A todos familiares que sempre me inspiram e torcem para que alcance meus objetivos.

Aos amigos que tornaram essa caminhada mais leve. Em especial, a minha amiga Bianca Barreto pela parceria e cumplicidade, principalmente, nas atividades acadêmicas.

Ao meu orientador Pierre Augé pela disponibilidade, parceria e dedicação contribuindo para concretização deste trabalho.

Agradeço a professora Maria Lúcia Grillo da UERJ e os docentes do IFF em especial Natalia Oliveira, Wander Ney e Tiago Destéffani por todas as apreciações fornecidas durante a elaboração deste trabalho. E aos demais professores e funcionários do IFF que me deram suporte acadêmico e incentivo.

A direção, coordenação e administração desta instituição de ensino meu muito obrigado.

Agradeço também os docentes que aceitaram participar desta pesquisa e que possibilitaram a aplicação deste trabalho, colaborando efetivamente para a sua concretização.

RESUMO

SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVA INTERDISCIPLINAR SOBRE FOTOSSÍNTESE

Ana Laura Loureiro Martins Nascimento

Dr. Pierre Schwartz Augé

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense, no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Diferentes abordagens educacionais têm sido utilizadas para superar as dificuldades enfrentadas pelos docentes durante o planejamento e execução de aulas a fim de facilitar o aprendizado dos alunos no decorrer do processo educativo. Neste trabalho utiliza-se a Sequência de Ensino Investigativa (SEI) como um método que favorece as ações dos docentes, pois auxilia os alunos na compreensão dos temas, promovendo potencialmente a alfabetização científica, explorando a criatividade e a curiosidade. Assim sendo, esta pesquisa possui caráter qualitativo e tem como objetivo principal analisar as contribuições, quanto ao ensino, de uma SEI interdisciplinar sobre fotossíntese, cujo público-alvo são estudantes do 3º ano do Ensino Médio. A SEI estrutura-se em sete fases, abrangendo conteúdos teórico/histórico/experimental/interdisciplinares necessários para melhor entendimento do tema. A fim de verificar suas potencialidades, a SEI elaborada foi exposta à avaliação de docentes de química, física e biologia por meio de entrevista semiestruturada. Após análise das entrevistas foram destacadas as seguintes categorias: método de ensino (SEI), interdisciplinaridade, contextualização, diversidade de recursos didáticos, potencial atitudinal e aprendizagem conceitual. Tais categorias são consideradas pertinentes ao ensino tanto pelos docentes entrevistados, quanto pela literatura, salientando, portanto, o potencial do material para o ensino da fotossíntese.

Palavras-chave: Ensino de Física. Sequência de Ensino Investigativa. Fotossíntese.

ABSTRACT

INVESTIGATIVE TEACHING SEQUENCE INTERDISCIPLINARY ON PHOTOSYNTHESIS

Ana Laura Loureiro Martins Nascimento

Dr. Pierre Schwartz Augé

Master's dissertation presented to the Program of Graduate Studies at the Federal Institute of Education, Science and Technology Fluminense, in the Course of Professional Master of Physical Education (MNPEF) as part of the requirements for obtaining the Master's degree in Physical Education.

Different educational approaches have been used to overcome the difficulties faced by teachers during the planning and execution of classes in order to facilitate students' learning during the educational process. In this work, the Investigative Teaching Sequence (SEI) is used as a method that favors the actions of teachers, as it helps students in understanding the themes, potentially promoting scientific literacy, exploring creativity and curiosity. Therefore, this research has a qualitative character, and its intentions are analyze the contributions, for teaching, for one SEI interdisciplinary on photosynthesis, whose target audience are students of the third grade of high school. SEI is structured in seven phases, covering theoretical / historical / experimental / interdisciplinary content necessary for a better understanding of the theme. To verify its potentialities, the elaborated SEI was exposed to the evaluation of professors of chemistry, physics, and biology through semi-structured interviews. The post analysis of the interviews highlighted the following categories of analysis: teaching method (SEI), interdisciplinarity, contextualization, diversity of didactic resources, attitudinal potential, and conceptual learning. Such categories are considered pertinent to teaching both by the teachers interviewed and by the literature, highlighting, therefore, the potential of the material for the teaching of photosynthesis.

Keywords: Physics education. Investigative Teaching Sequence. Photosynthesis.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Características e etapas de uma SEI de acordo com Carvalho e colaboradores (2013).....	35
Figura 2 – Estrutura do Cloroplasto.	38
Figura 3 – Reação fotoquímica.....	38
Figura 4 – Espectro Eletromagnético.	39
Figura 5 – Absorção dos pigmentos fotossintéticos.	40
Figura 6 – Estrutura química da clorofila.	40
Figura 7 – Etapas do processo de fotossíntese.	41
Figura 8 – Capa do livro: Biologia – Unidade e Diversidade.	46
Figura 9 – Capa do livro: Biologia.	47

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Enfoques didáticos para o ensino de ciências.	24
Quadro 2 – Júlia	64
Quadro 3 – Natali	71
Quadro 4 – Carlos	78
Quadro 5 – Cristiane	82
Quadro 6 – Enzo.....	87
Quadro 7 – Carla	92
Quadro 8 – Talita.....	99

LISTA DE SIGLAS

AC – Alfabetização Científica

MEC – Ministério da Educação

PCN – Parâmetros Curriculares Nacionais

SEI – Sequência de Ensino Investigativa

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1 Ensino de ciências	16
2.1.1 Epistemologia da docência.....	16
2.1.2 Enfoques didáticos em ensino de ciências	18
2.2 Teorias de aprendizagem	25
2.2.1 Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS)	25
2.2.2 Teoria da Aprendizagem de Vygotsky	27
2.2.3 Teoria da Equilibração de Piaget	29
2.3 O Ensino de Ciências e Alfabetização Científica	30
2.4 Sequências de Ensino Investigativo (SEI) no Ensino de Ciências	32
2.5 A Interdisciplinaridade e a Fotossíntese	36
2.5.1 Fotossíntese	37
2.5.2 Concepções que os alunos possuem sobre fotossíntese	41
3 METODOLOGIA.....	43
3.1 A proposta didática.....	43
3.1.1 O material didático	43
3.1.2 Como os livros apresentam os princípios fundamentais da fotossíntese em nível médio?	45
3.2 A pesquisa	48
3.2.1 Sujeitos	49
3.2.1 Instrumentos	50
4 DESCRIÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL	52
5 ANÁLISE DOS DADOS	60
5.1 Análise das entrevistas por docente.....	60
5.2 Análise das entrevistas por questão.....	100
5.3 Dialogando com os referenciais teóricos	105
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	116
REFERÊNCIAS.....	119
APÊNDICES	126
APÊNDICE A – ROTEIRO DA ENTREVISTA.....	127
APÊNDICE B – PRODUTO EDUCACIONAL.....	128

1 INTRODUÇÃO

Muitos métodos de ensino podem ser utilizados pelos educadores para melhorar a qualidade do ensino (CARRAHER et al., 2012) e a escolha ideal para cada nível de ensino/aluno deve ser bem planejada pelo docente. Diversos autores afirmam que o professor é mediado pela prática pedagógica que se constrói e reconstrói com novos conhecimentos e experiências (BRITO, 2006, p. 51; LOPES, 2010), desencadeando, possivelmente, uma aprendizagem significativa. A aprendizagem é capaz de instrumentalizar o indivíduo para agir com autonomia na sua realidade e, tanto professor quanto aluno devem estar comprometidos com sua própria aprendizagem (LEMOS, 2011).

Os Parâmetros Curriculares Nacionais (BRASIL, 2000) visam um ensino menos copista e mais dinâmico, buscando priorizar o papel do aluno na construção do seu próprio conhecimento. Porém, em algumas abordagens utilizadas atualmente nas escolas, o aluno se mantém num estado passivo, sem muitos questionamentos e o professor continua a ser o foco da sala de aula, o detentor do conhecimento (BRITO; REGO, 2013).

Estratégias de ensino diversificadas, que mobilizem menos a memória e mais o raciocínio e outras competências cognitivas superiores, bem como potencializem a interação entre aluno-professor e aluno-aluno devem ser priorizadas. Estas servem para a permanente negociação dos significados dos conteúdos curriculares, de forma a propiciar formas coletivas de construção do conhecimento; estimular todos os procedimentos e atividades que permitam ao aluno reconstruir ou “reinventar” o conhecimento didaticamente transposto para a sala de aula, entre eles a experimentação, a execução de projetos, o protagonismo em situações sociais (BRASIL, 2002).

Dessa forma, ensinar exige respeito aos saberes multifacetados, plurais, heterogêneos do educando e, o professor deve ser um intelectual transformador. Assim, diversos autores definem o processo de ensino e de aprendizagem, enfatizando a atuação do professor. Segundo Carvalho e colaboradores (2013) o professor não deve ser apenas um simplificador, mas sim ajudar o aluno durante as dificuldades, conhecer e saber ensinar o conteúdo, impondo limites ao educando. De forma complementar, para Libâneo (2008), o professor deve conhecer os objetivos e o funcionamento de uma escola, saber trabalhar em equipe, auxiliar na elaboração e execução do planejamento escolar. Dessa forma, sua função profissional básica será “participar ativamente na gestão e organização da escola, contribuindo nas decisões de cunho organizativo, administrativo e pedagógico-didático” (LIBÂNEO, 2008, p. 36). Todavia, Schon (1997) propõe um modelo de ensino prático-reflexivo, considerando

diversas variáveis no processo educativo. Neste processo, o professor deve prestar atenção no aluno enquanto indivíduo, conhecendo seu desenvolvimento “afetivo, cognitivo, moral, motor e social, bem como refletir criticamente sobre seu papel diante de seus alunos e da sociedade” (BATISTA, 2011, p. 152).

Krausz (2011) define alguns termos sobre a prática pedagógica, Pluri ou Multidisciplinaridade, Interdisciplinaridade e Transdisciplinaridade. Segundo Krausz (2011), na multidisciplinaridade ocorre a junção de várias disciplinas, entretanto, elas não possuem conexões entre os temas abordados. Já na interdisciplinaridade as disciplinas conversam entre si, seja através de um objeto de estudo em comum ou relacionando temas de diversas áreas. Dessa forma, o nível de complexidade e interação dos conceitos aumenta, fazendo com que os alunos se aproximem do conhecimento trocando experiências e informações (KRAUSZ, 2011).

A favor da aprendizagem, a interdisciplinaridade deve ter: atitude com um movimento dialético, parceria entre os atores envolvidos, totalidade do conhecimento com respeito às especificidades do pensar com intenção e com base no fazer teórico-metodológico que embasa o fazer pedagógico (FAZENDA, 2001). A transdisciplinaridade vai além das interações entre as disciplinas para o estudo de um objeto (KRAUSZ, 2011).

O ensino de ciências moldado no modelo tradicional é problemático, pois os alunos, muitas vezes, não conseguem conectar o que eles estão aprendendo em sala de aula com o mundo onde vivem. Desta forma, acham que o que aprendem na escola são coisas muito abstratas e sem relação com seu dia-a-dia. Muitas vezes os professores focam nos conteúdos e na repetição de exercícios, mas deixam de lado a contextualização do que é proposto, bem como as atividades práticas, de pesquisa e, até mesmo, os experimentos (SANTOMAURO, 2009).

Diferentes da abordagem tradicional, propostas construtivistas, como a montessoriana, visam à autonomia do aluno. O conhecimento, no ensino construtivista de Piaget, é produzido pelo estudante através da formulação de hipóteses e resolução de problemas. Enquanto na perspectiva criada pela educadora Montessori, aproveita o conhecimento prévio do aluno como base para novos conceitos (OKADA, 2009). Outra perspectiva teórica que valoriza as concepções prévias dos alunos é a de Ausubel, preocupando-se também com questões relativas à predisposição do sujeito no processo de aprendizagem (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980).

Portanto, abordagens didáticas problematizadoras (ativas) apresentam um caráter investigativo e levam o aluno a pensar, refletir e argumentar para obter respostas sobre aquilo

que questiona, objetivando construir o conhecimento científico (BONETI; BOHM, 2014). Assim, o professor se torna um orientador, articulador, que instiga o pensamento crítico dos alunos (BRITO; REGO, 2013). O ensino por investigação busca a alfabetização científica, visto que, para ensinar ciências é preciso ensinar a falar ciências (LEMKE, 1997 apud¹ CARVALHO et al., 2013). Diante do exposto, a implementação de uma Sequência de Ensino Investigativa (SEI) no ambiente escolar visa à construção gradativa do saber científico (CARVALHO et al., 2013).

Diversos são os fatores que dificultam o aprendizado de ciências, sendo um deles a separação das disciplinas, pois os alunos são sobrecarregados com conteúdos e ideais fragmentadas de diferentes disciplinas como física, química e biologia. De acordo com Petraglia:

O currículo escolar é mínimo e fragmentado. [...] Não favorece a comunicação e o diálogo entre os saberes. As disciplinas com seus programas e conteúdos não se integram [...], dificultando a perspectiva de conjunto e de globalização, que favorece a aprendizagem (PETRAGLIA, 1995, p.69).

Diante do exposto, a questão que norteia este trabalho será explicitada na pergunta a seguir: **o que se pode apreender, quanto ao ensino, diante de uma proposta didática diferenciada baseada em uma SEI interdisciplinar sobre fotossíntese, em nível médio, mediante avaliação de professores?**

Partindo do pressuposto que uma abordagem de caráter investigativo possibilita uma forma de aprendizagem mais criativa e dinâmica, na qual o aluno necessita interagir com o objeto de estudo para atrelar os conceitos de ciências com o seu cotidiano, a fim de adquirir o conhecimento, este trabalho tem como objetivo principal analisar as contribuições, com relação ao ensino, da Sequência de Ensino Investigativa (SEI) desenvolvida para alunos do terceiro ano do ensino médio, explorando como tema a fotossíntese num caráter interdisciplinar. Para tal, a SEI elaborada foi exposta à avaliação de docentes de física, química e biologia de escolas públicas dos estados Rio de Janeiro e Espírito Santo por meio de entrevista semiestruturada.

Pesquisadores defendem a importância da alfabetização científica para o Ensino de Ciências e apontam que o uso da SEI em sala de aula auxilia os alunos no desenvolvimento da alfabetização científica (SANTOS, 2016; SASSERON, 2017; SOUZA, 2012). Alguns trabalhos estão direcionados, em específico, para o ensino de fotossíntese sob um enfoque

¹ LEMKE, J. L. Aprendendo a hablar ciências: Linguagem, aprendizagem y valores. Barcelona: Paidós, 1997.

interdisciplinar (BASSOLI; GEVEGY; RIBEIRO, 2014; BIZZO; KAWASAKI, 2000). Dessa forma, o referencial teórico presente neste trabalho foi dividido em cinco partes. Primeiramente são analisadas as investigações em Ensino de Ciências com foco no docente, assim, destacam-se os saberes dos docentes (GAUTHIER, 2013; TARDIF, 2014) e os enfoques didáticos do Ensino de Ciência propostos por Pozo e Gómez Crespo (2009). Em segundo lugar, apresenta alguns aportes teóricos sobre as Teorias de Aprendizagem, destacando a Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) de David Ausubel, a Teoria da Aprendizagem de L. S. Vygotsky, e a Teoria da Equilibração de Jean Piaget (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980; MOREIRA, 2011; 1999; POZO, 1998). Em seguida, reúne o panorama do ensino de ciências e alfabetização científica. Na quarta parte, aborda o uso de Sequencias de Ensino Investigativas (SEI) no ensino de ciências. E na quinta, abrange conceitos relacionados à fotossíntese: sua interdisciplinaridade e a concepção alternativa dos alunos.

Com relação à metodologia de pesquisa, enfatiza-se que esta investigação é de natureza qualitativa, mais especificamente, um estudo de caso (BOGDAN; BIKLEN, 1994, p. 90), cujo objetivo principal é fazer apreensões mediante à exposição de um material didático alternativo para análise docente. Os instrumentos de avaliação da pesquisa considerarão as manifestações comportamentais e verbais dos docentes durante a realização da entrevista.

O trabalho estrutura-se em 6 capítulos. No segundo capítulo serão apresentados os fundamentos teóricos, aprofundando os conceitos e temas expostos.

O terceiro capítulo é composto pela metodologia, que apresenta o contexto da pesquisa, sujeitos e instrumentos.

A descrição da SEI “Investigando a Fotossíntese” está presente no quarto capítulo, onde poderão ser identificados os detalhes de sua elaboração.

No quinto capítulo serão realizadas análises das entrevistas dos docentes, de acordo com o objeto de investigação à luz do referencial teórico. Por último, no sexto capítulo, apresentam-se as considerações finais da autora desta pesquisa frente ao que foi discutido e apreendido ao longo da análise dos dados.

Em seguida, são apresentados o levantamento das referências utilizadas na dissertação e os apêndices.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo serão apresentados os fundamentos teóricos que formam base para o desenvolvimento desta pesquisa, permitindo a interpretação e análise dos dados coletados.

O referencial foi percorrido em cinco temáticas: o Ensino de Ciências, Teorias de Aprendizagem, o Ensino de Ciências e a Alfabetização Científica, Sequências de Ensino Investigativas (SEIs) no Ensino de Ciências e, por último, a interdisciplinaridade e a fotossíntese.

2.1 Ensino de ciências

Esta pesquisa é fundamentada nas investigações em Ensino de Ciências com foco no docente. Por esta razão, faz-se necessária a compreensão dos saberes docentes, seus modelos didáticos e enfoques educacionais que estão presentes em sua prática educativa.

2.1.1 Epistemologia da docência

O ato de ensinar é uma prática universal realizada antes da Grécia Antiga e imprescindível atualmente. Entretanto, no atual contexto escolar, faz-se necessário questionar e refletir sobre o ofício que os docentes desempenham, pois, sob a perspectiva tradicional, estes são detentores do saber e possuem apenas a função de transmitir o conhecimento. Além disso, a fim de superar obstáculos decorrentes da generalização de suas funções é preciso identificar o que de fato é pertinente saber para ensinar (GAUTHIER, 2013, p. 17-19; TARDIF, 2014, p. 31).

Diversas pesquisas enfatizam as atribuições dos docentes no processo de ensino, pois estas não se limitam apenas na transmissão do conhecimento, e apontam as dificuldades do saber docente, facilitando a compreensão do papel do professor. Estas pesquisas identificam/sugerem os saberes, conhecimentos e competências necessários para uma melhor prática docente (CARVALHO; GIL-PÉREZ, 2011, p. 15; GAUTHIER, 2013, p. 17-19; TARDIF, 2014).

Do ponto de vista de Gauthier (2013, p. 28-37), docência é uma profissão que carece de saberes disciplinares e curriculares das ciências da educação, da tradição pedagógica, experienciais e da ação pedagógica para que o ensino ocorra de forma eficiente. Esses saberes

constituem a base do conhecimento que auxilia o docente, apresentando o que devem saber para ensinar.

Segundo o autor, os saberes disciplinares não são produzidos pelos docentes, mas pelos pesquisadores e cientistas das diversas áreas. Desse modo, os docentes precisam absorver este saber já produzido para ensinar. O saber curricular é o programa de ensino que serve de base para o docente planejar, preparar e avaliar, isto é, as instituições de ensino selecionam e organizam os saberes produzidos pelas ciências, enquanto os docentes ensinam estes saberes e avaliam se os objetivos determinados pela instituição de ensino foram alcançados pelos discentes. O saber das ciências da educação não se relaciona diretamente com a atuação pedagógica, pois é um saber profissional referente a outras vertentes do ofício docente, dentre elas, a definição de conselho escolar e organização institucional. O saber da tradição pedagógica pode ser alterado ao longo do tempo a partir das experiências docentes, podendo ser adaptado e remodelado pelo saber experiencial e aceito ou rejeitado pelo saber da ação pedagógica. O saber experiencial é composto de pressupostos e de argumentos, sem que haja verificação por meio de métodos científicos, visto que é formado pelas experiências obtidas no decorrer da prática docente. O último e menos desenvolvido saber proposto pelo autor é o saber da ação pedagógica. Este saber é um conjunto das experiências adquiridas pelos docentes que se tornam públicas e são testadas por meio das pesquisas realizadas no ambiente escolar (GAUTHIER, 2013, p. 28-37).

Na perspectiva de Tardif (2014, p. 35), todo saber está inserido num contexto histórico-cultural e demanda um processo de aprendizagem e formação que fica mais complexo à medida que o saber se desenvolve. Para o autor, o saber docente envolve distintos saberes, com os quais são estabelecidas variadas relações. De forma geral, o saber docente pode ser considerado um saber plural, visto que engloba os saberes adquiridos na formação profissional, fornecidos pelas instituições de formação de professores, os saberes disciplinares, curriculares e experienciais (Ibid., p. 36).

Os saberes da formação profissional são um conjunto de saberes fornecidos pelas escolas normais ou pelas faculdades de ciências da educação. Os saberes disciplinares também são adquiridos ao longo da formação inicial e contínua, entretanto, são saberes específicos relacionados aos distintos campos do conhecimento. Os saberes curriculares são os discursos, os objetivos, os conteúdos e métodos que serão utilizados pelas instituições escolares na formação de programas escolares. Já os saberes experienciais, também denominados de saberes práticos, são formados pelos docentes no decorrer de seu trabalho cotidiano (Ibid., p. 36-40).

Em suma, para conseguir atuar integralmente o docente precisa conhecer, coordenar, assimilar, instigar e desenvolver esses saberes, isto é, concerne ao docente se apropriar destes saberes e aplicá-los na prática escolar. Além disso, o docente precisa conhecer o conteúdo das disciplinas, o programa educacional da instituição e possuir conhecimentos sobre as ciências de educação e pedagogia (CARVALHO; GIL-PÉREZ, 2011, p. 22-25; TARDIF, 2014, p. 39).

2.1.2 Enfoques didáticos em ensino de ciências

De acordo com Pozo e Gómez Crespo (2009, p. 244-245), há uma discrepância entre o que os docentes ensinam e o que os estudantes aprendem, visto que os docentes ensinam de forma complexa e elaborada. Nessa perspectiva, os autores buscaram refletir acerca das diversas estratégias didáticas para o Ensino de Ciências que foram propostas e desenvolvidas nos últimos anos, identificando quais enfoques didáticos conciliam as atitudes dos docentes e discentes em sala de aula, isto é, os autores analisaram quais estratégias e enfoques para o Ensino de Ciências favorecem a aprendizagem. A partir da análise realizada, os autores categorizaram os enfoques didáticos com base em seus pressupostos epistemológicos, concepção de aprendizagem subjacente e metas; nos critérios para seleção e organização dos conteúdos; nas atividades de ensino e avaliação e nas prováveis dificuldades encontradas pelos discentes e docentes.

O primeiro enfoque didático analisado pelos autores é o “ensino tradicional” da ciência. Tal enfoque também é tido como um “enfoque dirigido” visto que, sua principal característica é a “transmissão de conhecimentos conceituais”. O pressuposto epistemológico deste enfoque está na lógica de que a mente do estudante foi preparada para receber conhecimentos científicos, isto é, “está formatada para seguir a lógica do discurso científico” (POZO; GÓMEZ CRESPO, 2009, p. 247-248). Assim, se o estudante não possui uma mente que se enquadra nesses padrões, ele não está apto para acompanhar o discurso científico e, conseqüentemente, deveria ser afastado da educação científica. Nesse sentido, a meta principal do enfoque tradicional é fixar os saberes conceituais na mente dos estudantes que apresentam as capacidades necessárias (Ibid., p. 248).

No enfoque tradicional, o conhecimento científico é o mais verdadeiro possível, por isso, é tido como saber absoluto. Dessa forma, “aprender ciência requer impregnar-se desse conhecimento, reproduzindo-o da maneira mais fiel possível” (POZO; GÓMEZ CRESPO, 2009, p. 248). Portanto, o estudante apenas reproduz ou memoriza o conhecimento que lhe é apresentado de forma expositiva, clara e sistemática. Como este enfoque prioriza os saberes

disciplinares, os critérios usados para selecionar e organizar os conteúdos são pautados no conhecimento disciplinar, assim, o currículo tradicional visa que os materiais e atividades didáticas sejam fundamentados no conhecimento científico, destacando os conteúdos mais relevantes para a ciência. Para tal, o currículo é dividido em disciplinas ou áreas de conhecimento e os conteúdos são organizados de forma sequencial e objetiva, indo do mais básico para o mais abrangente (Ibid., p. 248-250).

Neste enfoque didático, as atividades de ensino são realizadas, prioritariamente, por meio da cópia e repetição das aulas ministradas pelo professor e a avaliação visa a seleção dos estudantes que estão mais aptos a reproduzir o conhecimento relatado em sala de aula. Assim, o professor transmite os conhecimentos elaborados e organizados anteriormente, sendo considerado o porta-voz da ciência. Enquanto o estudante deve tentar reproduzir o conhecimento tal como lhe foi passado a fim de obter o aprendizado (Ibid., p. 250-251).

Dentre as prováveis dificuldades do enfoque tradicional, destacam-se a mudança do contexto social e do perfil dos estudantes, bem como a motivação dos estudantes, visto que este enfoque é pouco funcional atualmente, por prezar pela transmissão e reprodução do conhecimento, e que os estudantes não são apenas receptores e repetidores passivos. Dessa forma, este enfoque diverge da sociedade atual que busca formar indivíduos mais críticos e ativos (Ibid., p. 251).

Segundo Pozo e Gómez Crespo (2009, p. 252), o “ensino por descoberta” é o enfoque didático que visa superar o enfoque tradicional propondo que “a melhor maneira para os alunos aprenderem ciência é fazendo ciência” (Ibid.). Assim, este enfoque é fundamentado na equivalência entre a abordagem didática e a metodologia da pesquisa científica, isto é, os estudantes aprendem ciência ao solucionar e superar os mesmos problemas que os cientistas enfrentam.

O ensino por descoberta pressupõe que a mente dos estudantes está estruturada para fazer ciência, por isso, atribui aos alunos as mesmas funções dos cientistas. Nessa perspectiva, se o estudante conseguir executar o método científico ²os resultados alcançados serão iguais aos encontrados pelos cientistas. Nesse enfoque, o professor deve selecionar e elaborar as atividades buscando conduzir os estudantes à descoberta e solução dos problemas (POZO; GÓMEZ CRESPO, 2009, p. 252-253).

Neste enfoque, os critérios para seleção e organização dos conteúdos são semelhantes aos do ensino tradicional, isto é, os currículos são organizados por meio de perguntas e

² Este termo é polemico e existem várias concepções sobre método científico.

respostas. Para tal, o currículo precisa destacar o ensino e aplicação do método científico, buscando a solução de problemas, de forma a favorecer o desenvolvimento do pensamento científico/formal dos estudantes. Assim, o papel do estudante não é mais de reproduzir o conhecimento, mas sim de investigar e agir como os cientistas no processo educativo (Ibid., p. 253).

As atividades propostas neste enfoque devem ser parecidas com as atividades de investigação, isto é, devem apresentar fatos e situações-problemas para que os estudantes consigam observar, identificar as variáveis e formular hipóteses; propiciar a realização de experimentos para comprovar ou refutar tais hipóteses; promover a organização e interpretação dos resultados e, por fim, proporcionar momentos de reflexão acerca do processo adotado e dos resultados obtidos. O professor, neste enfoque, fomenta conflitos e problemas por meio de perguntas, estimulando e guiando o estudante na busca por respostas e soluções. As avaliações deste enfoque, quando comparadas as do ensino tradicional, são mais completas e complexas, pois devem considerar tanto a aquisição do conhecimento dos conceitos, quanto o processo percorrido pelo estudante (Ibid., p. 254-255).

Os autores (POZO; GÓMEZ CRESPO, 2009, p. 255) destacam que, apesar deste enfoque superar algumas dificuldades presentes no enfoque tradicional, novos problemas são gerados. A principal dificuldade apresentada é a incompatibilidade entre o raciocínio cotidiano e o raciocínio científico, já que há uma diferenciação entre a mente dos estudantes e dos cientistas e, além disso, no nosso dia a dia quase não utilizamos o raciocínio baseado no método científico para a resolução de problemas. Outra dificuldade apontada deste enfoque é a ambiguidade do papel do professor como facilitador da aprendizagem (Ibid., p. 255-258).

O enfoque “expositivo” busca superar as dificuldades apresentadas nos enfoques discutidos anteriormente. Tal enfoque fundamenta-se na Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel, por isso sua estratégia didática consiste na aproximação progressiva entre as ideias dos alunos e os conhecimentos científicos presentes nos currículos de ciências. Dessa forma, o ensino expositivo apresenta uma concepção construtivista, enfatizando a necessidade de melhorar as exposições sem recorrer tanto às descobertas. Assim, além de considerar a lógica dos conteúdos é preciso dar importância para a lógica dos estudantes (POZO; GÓMEZ CRESPO, 2009, p. 258).

O pressuposto epistemológico deste enfoque é centrado nas concepções prévias dos estudantes, posto que tais concepções são relevantes para o processo de aprendizagem. Nesta perspectiva, o ensino expositivo tem como principal meta “transmitir aos alunos a estrutura conceitual das disciplinas científicas”, ou seja, almeja levar aos estudantes conceitos baseados

nas disciplinas científicas, partindo de conhecimentos prévios (POZO; GÓMEZ CRESPO, 2009, p. 258). Diante da meta apresentada, os conteúdos são selecionados e organizados a partir da estrutura conceitual das disciplinas e de acordo com o princípio de diferenciação progressiva, apresentando um currículo organizado do conceito mais geral para o mais específico (Ibid., p. 259-260).

As atividades do ensino expositivo incentivam a relação entre os conhecimentos prévios dos estudantes e a nova informação (Ibid., 260). Quando necessário, o docente pode recorrer ao “organizador prévio”, isto é, apresentar atividades mais gerais a fim de “estender uma ponte cognitiva entre aquilo que o aluno sabe e o que precisa saber antes de aprender significativamente a tarefa em questão” (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1978, p. 158 apud³ POZO; GÓMEZ CRESPO, 2009, p. 260).

A avaliação no ensino expositivo baseia-se na capacidade do estudante em correlacionar um conceito novo obtido com o conhecimento anterior, por isso deve evidenciar o conhecimento conceitual. O mapa conceitual, segundo os autores, é tanto um instrumento de avaliação que permite que os estudantes explicitem as correlações conceituais, quanto um recurso metacognitivo que auxilia o aprendizado conceitual (POZO; GÓMEZ CRESPO, 2009, p. 260-262).

Como o enfoque expositivo valoriza as concepções prévias dos estudantes, a principal dificuldade enfrentada seria limitar o aprendizado da ciência, uma vez que seria eficaz apenas a partir da adolescência, isto é, só é eficiente quando os estudantes possuem concepções prévias mais elaboradas. Além disso, os autores destacam que este modelo de ensino é insatisfatório na reestruturação das concepções dos estudantes, pois tal reorganização carece de mais tempo para ocorrer (Ibid., p. 262-264).

Após análise dos obstáculos a serem enfrentados nos enfoques anteriores, Pozo e Gómez Crespo (2009, p. 264) sugerem a investigação de um novo enfoque de ensino denominado de “conflito cognitivo”. Tal enfoque se fundamenta na tentativa de conseguir alcançar o aprendizado a partir de uma mudança conceitual gerada por meio de sucessivos conflitos cognitivos. Nesse sentido, os pressupostos e metas deste ensino são centrados nos conflitos cognitivos, ou seja, as concepções alternativas dos estudantes são ‘substituídas’⁴ pelo conhecimento científico.

³ AUSUBEL, D.P.; NOVAK, J.; HANESIAN, H. *Psicologia Educativa*. Um punto de vista cognoscitivo. México: Trillas, 1978. 733 p.

⁴ Sabe-se, atualmente, que as concepções alternativas são muito resistentes à alteração, sendo algumas de natureza inata, inclusive.

O ensino por conflito cognitivo, como o próprio nome sugere, busca gerar conflitos cognitivos nos estudantes utilizando situações problemas, assim, ao propor hipóteses para solucioná-las os estudantes não respondem de forma satisfatória e percebem que suas concepções para os problemas encontrados são limitadas. Então, a partir desse conflito, passam a aceitar e adotar novos modelos que são mais científicos. A organização do currículo neste enfoque é feita de forma a alcançar essa meta, sendo similar à estrutura do enfoque tradicional (Ibid., p. 264-265).

Neste enfoque, as atividades de ensino e avaliação são sequências educacionais elaboradas para orientar as respostas dos estudantes frente aos conflitos. Os autores (POZO; GÓMEZ CRESPO, 2009, p. 266) reforçam alguns objetivos que as sequências devem suprir:

- a) O aluno deve sentir-se insatisfeito com suas próprias concepções.
- b) Deve haver uma concepção que seja inatingível para o aluno.
- c) Essa concepção deve ser, também, verossímil para o aluno.
- d) Para o aluno, a nova concepção deve parecer mais potente que suas próprias ideias (POZO; GÓMEZ CRESPO, 2009, p. 266).

Assim, este enfoque propõe atividades que estimulam o conflito cognitivo dos alunos, induzindo estruturação de conceitos/conhecimento mais complexa a partir de conhecimentos prévios. No entanto, é necessário evitar o acúmulo de conflitos na mente dos estudantes, visto que algumas concepções prévias permanecem mesmo após o conflito cognitivo. A avaliação é baseada em técnicas que valorizam o conhecimento adquirido para resolução de problemas, ou seja, os estudantes terão alcançado o aprendizado quando conseguirem aplicar nos novos contextos e situações as teorias científicas. Em geral, os problemas enfrentados neste enfoque são provocados pela concepção de mudança conceitual e por desconsiderar outros fatores como os processos sociais, motivacionais, afetivos, entre outros (Ibid., p. 264-270).

O próximo enfoque analisado por Pozo e Gómez Crespo (2009, p. 270) é denominado de “ensino por meio da pesquisa dirigida” e considera tanto as mudanças conceituais quanto as mudanças atitudinais e metodológicas, desencadeando situações argumentativas. Este enfoque é equivocadamente comparado com o ensino ‘por descoberta’ porque os professores atuam como orientadores, mas diverge em relação à concepção da pesquisa científica, ao adotar que o conhecimento provém da construção social e o ensino é organizado por meio da resolução de problemas de forma não indutiva.

O pressuposto epistemológico deste enfoque está centrado na pesquisa científica, porém, o método não é o componente essencial. Tem como meta promover nos alunos mudanças conceituais, procedimentais e atitudinais. Por isso, o currículo é selecionado e

organizado buscando salientar as estruturas conceituais da ciência, bem como a história e filosofia da ciência. As atividades de ensino deste enfoque buscam a solução de problemas, isto é, as atividades valorizam o processo de investigação. A avaliação prioriza mais a aprendizagem do que a seleção de quais estudantes conseguiram alcançar o aprendizado (Ibid., p. 270-272).

O ensino por meio da pesquisa dirigida exige uma participação ativa do professor no processo de aprendizagem, podendo orientar o processo investigativo, reforçar e questionar as respostas dos alunos. Assim, a principal dificuldade deste enfoque é o despreparo dos professores para dirigir as atividades, uma vez que precisam antecipar os momentos de concepção do conhecimento. A incompatibilidade entre o conhecimento cotidiano e o conhecimento científico é outra barreira deste enfoque, pois como a lógica dos estudantes é diferente da lógica dos cientistas podem ocorrer momentos de confusão dos processos de investigação (Ibid., p. 272-274).

Devido às dificuldades e diferenças apresentadas nos enfoques anteriores, Pozo e Gómez Crespo (2009, p. 275) propõem a análise de um novo modelo de ensino: o “ensino por explicação e contraste de modelos”. Este enfoque enfatiza que a aquisição de conhecimento na educação científica é divergente da aquisição de conhecimento na pesquisa, visto que alunos, professores e cientistas almejam alcançar distintos objetivos. Dessa forma, os estudantes não podem enfrentar os mesmos problemas que os cientistas, assim como os professores não precisam produzir e solucionar novos problemas como os cientistas.

O ensino por explicação e contraste de modelos possui caráter construtivista e objetiva a reconstrução dos conhecimentos por parte dos estudantes, utilizando métodos e conceitos já desenvolvidos pelos cientistas. O professor atua como auxiliar pedagógico e deve tornar esses conhecimentos compreensíveis. Neste enfoque, os conteúdos são organizados de forma integrada, facilitando a interpretação e a identificação das diferenças e similaridades pelos alunos (Ibid., p. 275).

Atividades de ensino estão embasadas num modelo investigativo despertando nos estudantes a necessidade de solucionar problemas. Espera-se que tais atividades despertem indagações e a curiosidade dos estudantes, priorizadas neste enfoque. Além disso, possibilitam a integração entre os conhecimentos e os diversos modelos de aprendizagem. Cabe ao professor propor o diálogo entre os estudantes para que eles consigam encontrar respostas, dialogar e propor e contrapor argumentos. A avaliação é efetivada por meio de tarefas que evidenciam a capacidade do aluno de explicar e argumentar sobre o que foi apresentado, bem como propor novas alternativas de respostas (Ibid., p. 277-280).

Este enfoque enfrenta dificuldades em capacitar professores e dos estudantes integrarem conhecimentos mais simples aos mais complexos, isto é, pode gerar nos estudantes um sentimento de relativismo. Outra dificuldade enfrentada é por restringir o conhecimento ao aspecto conceitual, priorizando o conceito científico em detrimento aos conceitos encontrados no cotidiano dos alunos (Ibid., p. 280).

O Quadro 1 apresenta uma síntese dos enfoques didáticos abordados anteriormente, destacando os pressupostos metodológicos e metas; os critérios para seleção e organização dos conteúdos; as atividades de ensino e avaliação; as dificuldades previsíveis da aprendizagem e do ensino.

Quadro 1 – Enfoques didáticos para o ensino de ciências.

ENFOQUE	Pressupostos metodológicos e Metas	Seleção e organização do conteúdo	Atividades de ensino e Avaliação	Dificuldades previsíveis
Tradicional da Ciência	Exposição e transmissão do conhecimento.	Os conteúdos são sequencias e por áreas de conhecimentos.	Perguntas e respostas com repetição e cópia.	Pouco funcional no atual contexto, desinteresse pela aprendizagem.
Por Descobrimto	O conhecimento é descoberto; papel similar ao do cientista.	Conhecimento disciplinar com ênfase nas perguntas, visando a solução de problemas.	Valorização das atividades investigativas.	Diferenciação entre mente dos alunos versus mente do cientista, gerando incompatibilidade entre raciocínios.
Expositivo	Aprendizagem significativa (Ausubel), ênfase dos conhecimentos prévios.	Partem dos conceitos mais gerais para os específicos.	Incentivam a relação entre os conhecimentos prévios dos alunos e a nova informação.	O aluno precisar seguir o método científico e dominar o vocabulário dos cientistas.
Conflito Cognitivo	Propõe situações-problema que gerem conflito na mente dos alunos.	Os conteúdos são organizados em disciplinas, valorizando o conhecimento científico.	Mudança nos conhecimentos prévios.	Mesmo após o conflito cognitivo as concepções prévias permanecem.
Investigação Dirigida	Construção social do conhecimento e mudança atitudinal.	Baseia-se em estruturas conceituais e valoriza o conhecimento social cotidiano.	Resolução de problemas com base no conhecimento científico.	Falta de capacitação de professores. Diferença entre o conhecimento cotidiano e científico.
Explicação e contrastação de modelos	Reconstrução do conhecimento.	Modelos de ensino.	Preza pelo diálogo	Pode induzir o relativismo.

Fonte: Elaboração própria.

2.2 Teorias de aprendizagem

A visão epistemológica que fundamenta esta pesquisa está embasada no cognitivismo, isto é, no estudo dos processos mentais. Os cognitivistas preocupam-se com as variáveis intervenientes entre os estímulos e as respostas, isto é, com a mente dos indivíduos. Tal postura surge em oposição ao comportamentalismo, cuja essência está focada apenas nos estímulos e respostas (MOREIRA, 1999, p. 14-15).

No cognitivismo destacam-se Teorias de Aprendizagem que interpretam, de forma sistemática, como o indivíduo processa e compreende a informação e quais significados são atribuídos ao que foi compreendido (MOREIRA, 1999, p. 21). Segundo Pozo (1998, p. 209), as Teorias de Aprendizagem esclarecem diversos questionamentos presentes no cotidiano dos educadores: Como ocorre a aprendizagem?; Todos aprendem igualmente?; Como aperfeiçoar o rendimento dos alunos sobre determinado tema?. Portanto, essas teorias procuram explicar como ocorre o processo cognitivo de aprendizagem e identificam a relação entre ensinar e aprender.

Diante do exposto, esta pesquisa está fundamentada em três Teorias de Aprendizagem: a Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) de David Ausubel, a Teoria da Aprendizagem de L. S. Vygotsky, e a Teoria da Equilibração de Jean Piaget, exemplificadas nos tópicos a seguir.

2.2.1 Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS)

A Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) proposta por David Ausubel caracteriza-se pelo foco na interação cognitiva entre o conhecimento prévio e a nova informação. Nesta interação, concepções expressas simbolicamente relacionam-se de forma não literal e não-arbitrária com algum aspecto existente na estrutura cognitiva do aprendiz, especificamente relevante, a qual Ausubel define como subsunçor, proporcionando uma possibilidade de aprendizagem significativa. Dessa forma, aprendizagem significativa é o principal conceito da teoria de Ausubel e o conhecimento prévio do aluno é relevante e influencia a aprendizagem (MOREIRA, 1999, p. 153).

Ele recomenda o uso de organizadores prévios a fim de facilitar o desenvolvimento da aprendizagem significativa. Estes organizadores fazem uma conexão entre a nova informação e o conhecimento já adquirido pelo aluno, ou seja, atuam como

“pontes cognitivas”, por isso, são materiais que devem ser aplicados antes do conteúdo específico a ser apreendido (MOREIRA, 1999, p. 155).

No entanto, para que aconteça uma aprendizagem significativa, certas condições são indispensáveis. Portanto, o material de ensino deve ser potencialmente significativo, isto é, seus elementos devem estar organizados em uma estrutura lógica não arbitrária e ser relacionável à estrutura cognitiva do sujeito; é necessário possuir subsunçores adequados na estrutura cognitiva do aprendiz; e uma predisposição favorável por parte do indivíduo, isto é, manifestar uma propensão de relacionar o material potencialmente significativo à sua estrutura cognitiva (MOREIRA, 1999, p. 155-156).

Visto que o conhecimento prévio do aluno é primordial para suceder uma aprendizagem significativa, cabe ao professor atuar como mediador desse processo de aprendizagem, identificando os subsunçores, estimulando o aluno a pensar e tomar decisões, além de fornecer aos alunos um material potencialmente significativo, que deve seguir os princípios da diferenciação progressiva e da reconciliação integrativa (MOREIRA, 1999, p. 162).

Considerando a teoria ausubeliana, a diferenciação progressiva ocorre quando é apresentado um conceito mais amplo ao indivíduo e este, progressivamente, distingue-se em conceitos mais específicos. Como a maioria das aprendizagens significativas provém do conhecimento geral para o mais específico, constata-se que os indivíduos apresentam mais dificuldades em alcançar o todo por meio da integração de pequenas partes (POZO, 1998, p. 217-220).

Na reconciliação integrativa, por sua vez, os conhecimentos são explorados de forma não sequencial e aleatoriamente, apontando as diferenças e semelhanças entre eles, reconciliando as diferenças reais ou aparentes com os aportes teóricos mais gerais (POZO, 1998, p. 217-220).

Outro princípio proposto por Ausubel é a consolidação que se efetiva quando o indivíduo está pronto para aprender e assegura a aquisição de novos conhecimentos sequencialmente organizados (MOREIRA, 1999, p. 162).

Segundo Ausubel (1968 apud⁵ MOREIRA, 1999, p. 159), a aprendizagem significativa é caracterizada em três formas: aprendizagem subordinada; aprendizagem supra-ordinada e aprendizagem combinatória.

⁵ AUSUBEL, D. P. Educational psychology: a cognitive view. New York: Holt, Rinehart, and Winston, 1968.

A aprendizagem significativa subordinada acontece quando um conhecimento apreendido está subordinado a um conhecimento prévio. Nesta aprendizagem, a partir de um conhecimento global, diferenciado progressivamente, origina-se um conhecimento mais específico, podendo acontecer por meio da inclusão derivativa, onde um novo conhecimento subordinado exemplifica ou apoia um conhecimento já existente sem modificar tal conhecimento. Quando o conhecimento produzido modifica o conhecimento já existente ocorre a aprendizagem por meio da inclusão correlativa (POZO, 1998, p. 217).

Outra forma de aprendizagem significativa é a supra-ordinada, ocorrendo quando conhecimentos específicos são reacomodados, promovendo um conhecimento geral, ou seja, realiza-se o caminho oposto da diferenciação (POZO, 1998, p. 217).

Na aprendizagem significativa combinatória há uma reconciliação do conhecimento novo e os conhecimentos preexistentes, facilitando a aprendizagem, ambos no mesmo nível hierárquico (POZO, 1998, p. 218).

Enfim, a aprendizagem significativa ocorre por sucessivas diferenciações progressivas e reconciliações integrativas do conhecimento, visto que um conhecimento geral origina um conhecimento específico e, a reacomodação desses conhecimentos podem dar origem a um novo conhecimento geral (POZO, 1998, p. 219).

2.2.2 Teoria da Aprendizagem de Vygotsky

A Teoria da Aprendizagem proposta por Vygotsky afirma que os processos mentais superiores como o pensamento e a linguagem não podem ser entendidos sem conexão ao contexto social, histórico e cultural nos quais os indivíduos estão inseridos, ou seja, o desenvolvimento cognitivo dos indivíduos origina-se nos processos sociais (MOREIRA, 1999, p. 109).

Segundo Vygotsky, é por meio da interiorização de instrumentos e sistemas de signos que sucede o desenvolvimento cognitivo através da interação com o meio. Ele define instrumentos como o condutor da atividade sobre o objeto (um martelo é um instrumento para os pedreiros); os signos são auxiliares no controle da atividade psicológica (os números são exemplos de signos; a escrita, outro exemplo). Para tanto, os instrumentos e signos atuam como mediadores entre o estímulo e a resposta. Porém, enquanto os instrumentos modificam os estímulos por meio de uma atividade influenciada externamente, os signos modificam cognitivamente o sujeito, intervindo na interação com o meio (POZO, 1998, p. 195). Os

signos são divididos em três tipos: indicadores, icônicos e simbólicos, definidos por Moreira (1999, p. 111) como:

1) Indicadores são aqueles que têm uma relação de causa e efeito com aquilo que significam (e.g., fumaça indica fogo, porque é causada por fogo); 2) icônicos são imagens ou desenhos daquilo que significam; 3) simbólicos são os que têm uma relação abstrata com o que significam. As palavras, por exemplo, são signos linguísticos, os números são signos matemáticos; a linguagem, falada e escrita, e a matemática são sistemas de signos. (MOREIRA, 1999, p. 111).

Dessa forma, a sociedade além de criar e usar instrumentos ao longo da história também produz sistemas de signos que, com passar do tempo, transformam e influenciam o desenvolvimento social e cultural (MOREIRA, 1999, p. 111).

Diferente de Ausubel, que focaliza o sujeito como unidade de análise, Vygotsky prioriza a interação social entre os sujeitos. O intercâmbio de experiências e conhecimentos, para Vygotsky, é primordial para que o indivíduo possa ter um bom desenvolvimento linguístico e cognitivo (MOREIRA, 1999, p. 112).

Na perspectiva teórica de Vygotsky, a aprendizagem é provocada pela interação social em qualquer contexto histórico, cultural e social e necessária para o desenvolvimento. Nela, o professor é mediador na aquisição de significados aceitos, sendo indispensável a troca recíproca de significados entre professor e aluno (MOREIRA, 1999, p. 119-121).

Enfim, o ensino se efetiva quando aluno e professor compartilham significados, participando efetivamente do processo de aprendizagem, internalizando e reconstruindo signos/significados (MOREIRA, 1999, p. 121).

Vygotsky define ainda que o indivíduo possui duas zonas de desenvolvimento cognitivo distintas: a zona de desenvolvimento real e a zona de desenvolvimento proximal. A zona de desenvolvimento real se refere ao conhecimento já consolidado pelo indivíduo, capacitando-o a solucionar situações de forma autônoma (POZO, 1998, p. 197).

Entretanto, a zona de desenvolvimento proximal é determinada pelo conhecimento que o indivíduo poderá adquirir visto que já possui algumas habilidades em níveis inferiores, isto é, o conhecimento está em processo de construção, porque o indivíduo ainda necessita da colaboração de outras pessoas para efetivá-lo (POZO, 1998, p. 197).

Considerando esses princípios, o professor deve estar constantemente atento à zona de desenvolvimento proximal dos alunos, promovendo atividades colaborativas em sala de aula entre professor e aluno e entre alunos em diferentes níveis de desenvolvimento, preparando-os

para que consigam efetuar as atividades com autonomia, tornando-os sujeitos ativos da aprendizagem.

2.2.3 Teoria da Equilibração de Piaget

Se formos analisar a grande produção de Jean Piaget, poderemos identificar que somente em algumas obras foi citado o termo “aprendizagem”. Este termo foi substituído por “aumento de conhecimento”. Isso se deve ao fato de que Piaget, possivelmente, não aprovava a definição usual deste termo (MOREIRA, 1999, p. 102).

Segundo Pozo (1998, p. 177), Piaget diferenciava a aprendizagem sintetizando dois significados: “aprendizagem no sentido estrito” e “aprendizagem no sentido amplo”, sendo o primeiro significado subordinado ao segundo.

A aprendizagem no sentido estrito pode ser evidenciada pelo condicionamento clássico e operante, enquanto a aprendizagem no sentido amplo seria o aperfeiçoamento das estruturas cognitivas por meio da equilibração. Dessa forma, o aumento do conhecimento ocorreria em virtude dos conflitos cognitivos, portanto, a aprendizagem aconteceria efetivamente quando o indivíduo reorganizasse seus processos mentais (POZO, 1998, p. 177).

De acordo com Piaget, o desenvolvimento cognitivo do indivíduo aconteceria por meio de processos de assimilação, acomodação e equilibração. Na assimilação o sujeito elaboraria esquemas mentais para retratar a realidade, sem que a mente ou o conhecimento sobre a realidade fosse modificado. Neste processo, o indivíduo associa a realidade aos seus esquemas de ação, impondo-se ao meio. No entanto, na acomodação, a mente se modifica, isto é, por não conseguir assimilar determinado conhecimento, o indivíduo constrói novos esquemas de assimilação e, assim, modifica sua estrutura cognitiva (MOREIRA, 1999, p. 100-101; POZO, 1998, p. 178-180). A equilibração, por sua vez, associa os processos de assimilação e acomodação e, diante da realidade em que o indivíduo está inserido, ele reorganiza suas estruturas cognitivas. Portanto, é por meio da mudança na estrutura cognitiva do indivíduo que ocorre o aumento do conhecimento (MOREIRA, 1999, p. 102-103; POZO, 1998, p. 187-189).

Na teoria piagetiana a escola deve respeitar o nível de desenvolvimento mental dos alunos, ensinando os conceitos de forma gradativa. Para tanto, o professor deve atuar ativamente junto aos alunos, estimulando a desconstrução e a reestruturação dos esquemas mentais (MOREIRA, 1999, p. 103-104).

2.3 O Ensino de Ciências e Alfabetização Científica

A escola, durante muitos anos, utilizava a transferência direta de conteúdos, fórmulas e leis como base do ensino de ciências, fazendo com que os alunos decorassem nomes e conceitos científicos (CARVALHO et al., 2013). A educação bancária, descrita por Freire, se encaixa bem nesse modelo escolar, no qual os alunos memorizam os conteúdos mecanicamente e o educador é quem faz perguntas, cobrando dos educandos respostas prontas, sem compreensão e significados (MOREIRA, 2014).

Para Borges (2002), a escola atual está voltada para o desenvolvimento intelectual, conteudista, baseada em aulas teóricas e expositivas, que vão à contramão das necessidades dos alunos. Krasilchik e Araújo (2010 apud⁶ LIMA, 2012) relatam que o sistema de ensino tradicional atual promove o desinteresse e a apatia dos alunos nas aulas de ciências por não estreitarem o conteúdo abordado com a realidade do aluno.

Um estudo (2014) realizado pelo Instituto Abramundo em parceria com o Instituto Paulo Montenegro, denominado Indicador de Letramento Científico (ILC), executado em oito capitais estaduais e no Distrito Federal visa classificar o nível de letramento em ciências: ausente, elementar, básico e proficiente e, determinar o quanto do conhecimento obtido na escola é usado na prática. Para isso, foram aplicados questionários a 2002 pessoas entre 15 e 40 anos de idade. Analisando os resultados obtidos no ILC apenas 5% dos 2002 entrevistados foram considerados proficientes em ciência. Esse resultado preocupante nos mostra que a ciência pouco influencia nas atitudes e decisões que as pessoas tomam no dia a dia e, que “o aprendizado fica restrito à escola” (LIMA, 2014). Contraditoriamente, uma pesquisa nacional promovida pelo Ministério da Ciência e Tecnologia, com a colaboração da UNESCO, no ano de 2015, realizada com adolescentes entre 16 e 17 anos, alega que apenas 2% dos entrevistados não possuem interesse em Ciências e Tecnologia. Entretanto, mesmo com um índice de interesse bastante alto, 14% dos entrevistados não se informam sobre o tema.

A reformulação do ensino de ciências vem sendo cada vez mais necessária, afinal a geração atual não aprende da mesma forma que as gerações anteriores (CARVALHO et al., 2013). Segundo Sasseron (2017), os alunos, mesmo tendo acesso direto à informação, não são capazes de aprender todo o conhecimento que é produzido. Além disso, muitos alunos enxergam a ciência como algo complexo e distante, por isso, não se interessam em aprendê-la

⁶ KRASILCHIK, M.; ARAÚJO, U. F. Novos caminhos para a educação básica e superior. *ComCiência – revista eletrônica de Jornalismo Científico*, v. 115, 2010.

(BONETI e BOHM, 2014). Dessa forma, é preciso priorizar o ensino com qualidade e não a quantidade de conteúdo que é exposta ao aluno (CARVALHO et al., 2013).

O professor, nessa nova forma de ensinar ciências, tem que ser inovador, deixar de focar apenas nos conteúdos e começar a ensinar sobre ciências (SASSERON, 2017), envolvendo os alunos no processo de aprendizagem e explorando, não só a ciência, mas também a tecnologia e a sociedade (SASSERON; CARVALHO, 2011). Assim, os Parâmetros Curriculares Nacionais (BRASIL, 2000) propõem mudanças no currículo escolar, que passa a incluir além dos conteúdos científicos o ensino de “aculturação científica” que Carvalho (et al., 2004) define como:

Um ensino que vise à aculturação científica deve ser tal que leve os estudantes a construir o seu conteúdo conceitual participando do processo de construção e dando oportunidade de aprenderem a argumentar e exercitar a razão, em vez de fornecer-lhes respostas definitivas ou impor-lhes seus próprios pontos de vista transmitindo uma visão fechada das ciências (CARVALHO et al., 2004, p. 3).

O termo “alfabetização científica” é definido na literatura por diversos autores como Sasseron e Carvalho (2011), Souza (2012). De acordo com Sasseron (2017), a “alfabetização científica” se refere ao ensino de ciências que visa à inserção dos saberes científicos na vida do aluno para que ele possa compreender e resolver questionamentos que interferem no seu dia a dia, fazendo com que o mesmo adquira a cultura científica. Para Souza (2012, p. 24) “alfabetizar cientificamente é possibilitar este processo no qual, por meio das Ciências, se interfere e se conhece o que nos rodeia”. Já Soares (1999 apud⁷ NASCIMENTO et al., 2017, p.18) usa o termo letramento científico, definindo-o como “resultado da ação de ensinar ou aprender a ler e escrever: estado ou condição que adquire um grupo social ou um indivíduo como consequência de ter-se apropriado da escrita”.

A alfabetização científica é importante para o ensino de ciências, visto que não é preciso ser um cientista ou saber tudo sobre as ciências para participar de discussões e compreender ciências. O alfabetizado cientificamente deve, apenas, ter consciência para questionar e entender como os conhecimentos científicos interferem na vida e na sociedade (SOUZA, 2012).

Dessa forma, Lorenzetti (2000 apud⁸ Santos, 2016) afirma que vários recursos como: a participação em feiras de ciências, construção de maquetes e outras atividades que levem os

⁷ SOARES, M. Letramento: um tema em três gêneros. São Paulo: *Autêntica*. 1999.

⁸ LORENZETTI, L. Alfabetização Científica no contexto das séries iniciais. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2000.

alunos a enxergar a presença da ciência na vida cotidiana, podem ser utilizados em sala de aula para facilitar o ensino de ciências e “despertar o senso de observação, investigação, criatividade e comunicação entre os estudantes” (Ibid., p. 19).

2.4 Sequências de Ensino Investigativo (SEI) no Ensino de Ciências

De acordo com Carvalho e colaboradores (2013), as Sequências de Ensino Investigativo (SEI) podem ser utilizadas em sala de aula para facilitar a compreensão dos conceitos científicos. O ponto de partida para a implementação de uma SEI é um problema relacionado ao cotidiano do aluno que possa ser investigado, despertando a curiosidade e explorando a criatividade dos alunos (SANTOS, 2016). Dessa forma, as SEIs possuem o objetivo de:

[...] permitir que as investigações sejam realizadas em aulas, constituem-se em maneiras de auxiliar na compreensão dos conteúdos de Ciências, bem como uma forma de desenvolver a Alfabetização Científica dos alunos a partir de diferentes atividades, como aula de campo, experimentos, leituras de diversos gêneros, dentre outras (SANTOS, 2016, p. 19).

O National Research Council (2000 apud⁹ TRIVELATO; TONIDANDEL, 2015) relatou cinco tópicos para caracterizar o ensino investigativo:

a) envolvimento dos alunos em questões de orientação científica; b) a resposta a questões de orientação científica dando prioridade ao uso de evidências e articulando com explicações validadas pela comunidade científica; c) formulação de explicações para as evidências que estão direcionadas às respostas das questões de investigação com orientação científica; d) avaliação de explicações à luz de explicações alternativas, particularmente àquelas que refletem os conhecimentos científicos e; e) comunicação clara das justificativas para as afirmações e conclusões construídas como resposta às questões de investigação (TRIVELATO; TONIDANDEL, 2015, p. 103).

Desta forma, para o bom aproveitamento de uma SEI, Santos (2016) ressalta que o professor não deve deixar de lado as leituras de textos e conceitos teóricos, visto que, os alunos precisam ter um panorama completo sobre o problema a ser solucionado. Carvalho (et al., 2013) e Sasseron (2017) utilizaram conceitos de Piaget e Vygotsky no planejamento de sequências didáticas. Segundo Piaget é necessário que o aluno tenha um problema para dar

⁹ NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Center for Science, Mathematics, Engineering and Education. *Inquiry and the National Science Education Standards: a guide for teaching and learning*. Washington: National Academy Press, 2000.

início à construção do conhecimento e, para Vygotsky o aluno deve interagir tanto com o professor quanto com os problemas e informações.

De acordo com a melhoria do aprendizado, quando o professor deixa de fazer perguntas com respostas prontas e passa a propor problemas para os alunos solucionarem, ele favorece o raciocínio e a criatividade e, faz com que o mesmo se torne o agente do pensamento (CARVALHO et al., 2013). Ainda na visão de Carvalho (et al., 2013, p. 12), devemos entender que “qualquer novo conhecimento tem origem em um conhecimento anterior”, dessa forma, a autora exemplifica os conceitos de equilíbrio, desequilíbrio e reequilíbrio de Piaget da seguinte forma:

Com base nesse conhecimento cotidiano, propondo problemas, questões e/ou propiciando novas situações para que os alunos resolvam (ou seja, desequilibrando-os) é que terão condições de construir novos conhecimentos (reequilíbrio) (PIAGET, 1976 apud¹⁰ CARVALHO et al., 2013, p. 12).

Analisando estes conceitos, observa-se que os educandos ao passarem pelo processo de reequilíbrio começam a ter consciência de seus atos e ações, aprendendo com os erros e com os acertos. Nesse processo o ato de errar é bastante importante, pois, segundo as teorias piagetianas, o erro leva o aluno a repensar, refletir seguindo seu próprio raciocínio. O professor atua como orientador, guia, dando aos alunos embasamentos e conceitos teóricos (CARVALHO et al., 2013).

Ao elaborar uma SEI o material didático e o problema são dois elementos fundamentais que devem ser bem planejados. O material didático pode ser tanto textos como figuras, deve ser intrigante e permitir que os alunos diversifiquem suas ações ao resolver o problema, sendo bem estruturado para que não se percama e nem desistam da atividade. O problema ou situação-problema pode ser experimental (demonstrativo ou não) ou não experimental (figuras, recortes de revistas e/ou jornais, entrevistas, leitura de tabelas e gráficos), devendo ser contextualizado e fazer parte do cotidiano dos alunos, provocando o interesse. Na distribuição do material e proposição do problema as ações do professor são evidenciadas, visto que ele divide a classe em grupos menores, entrega o material elaborado e, após propor o problema inicial, verifica se todos os grupos o entenderam. (CARVALHO et al., 2013).

Carvalho e colaboradores (2013), definem quatro etapas principais que estruturam uma Sequência de Ensino Investigativo que são: o problema; a sistematização do conteúdo; a

¹⁰ PIAGET, J. A equilibração das estruturas cognitivas. Rio de Janeiro: Zahar Editores: 1976.

contextualização social e, avaliação. Tais etapas serão apresentadas a seguir, evidenciando suas características e os papéis do professor e do aluno em cada momento.

A etapa do problema ou da problematização inicial objetiva envolver o estudante com o tema proposto e verificar as concepções já existentes dos alunos acerca do tema. Quando o professor propõe o problema aos estudantes, estes devem expor o que já conhecem sobre o assunto. Neste momento, cabe ao professor questionar e estimular o diálogo entre os estudantes. O ponto chave desta etapa é levar o aluno na busca dos conhecimentos que ainda não possui. O erro também é importante nessa etapa, pois é por meio dele que os alunos conseguem verificar suas hipóteses. Assim, o professor precisa proporcionar condições para que os alunos criem e testem suas hipóteses sem interferir, assim, os alunos iniciarão a construção do conhecimento, pois, como estão divididos em grupos pequenos a facilidade de comunicação é maior mediante a semelhança dos desenvolvimentos intelectuais (CARVALHO et al., 2013).

A segunda etapa se caracteriza pela sistematização dos conhecimentos em grupo e individual. Quando o professor verifica se os alunos já solucionaram a situação-problema, desfaz os grupos pequenos e propõe um debate aberto com todos os alunos e o professor. Este debate objetiva a sistematização coletiva do conhecimento e iniciam o desenvolvimento de atitudes científicas tais como: levantamento de dados, construção de evidências, justificativa e argumentação científica, já que os alunos relembram o que foi realizado e o professor faz perguntas que buscam a participação dos alunos para que relatem as hipóteses que deram ou não certo. A sistematização individual do conhecimento se faz necessária, pois nem todos os estudantes alcançam o nível de conhecimento necessário no decorrer da sistematização coletiva. Nos momentos de sistematização individual, o professor propõe atividades individuais sobre o que eles aprenderam na aula como por exemplo, escrita e/ou desenho; resolução de exercícios/problemas; leitura de textos teóricos e científicos, proporcionando uma aprendizagem individual e ampliando a visão científica. (CARVALHO et al., 2013).

A etapa da contextualização social do conhecimento é o momento no qual os conhecimentos que estão sendo adquiridos pelos estudantes são apresentados sob novas perspectivas. Os textos de contextualização devem ser acompanhados de questionamentos que relacionem o problema investigado com o social (ou tecnológico). A estruturação desta etapa segue a estruturação geral da SEI, isto é, discussão em grupo, discussão com toda classe com supervisão do professor, atividade escrita. Novos desafios devem ser apresentados para a análise dos alunos, salientando as limitações do novo conhecimento prévio e científico

abordados. Na contextualização social, almeja-se que os estudantes estejam aptos para articular a conceituação científica com as situações reais (CARVALHO et al., 2013).

A quarta e última etapa é a avaliação do conhecimento. A atividade de avaliação deve ser interessante e compatível com a metodologia utilizada, assim, deve ser diferente dos métodos tradicionais de avaliação, pois os alunos não devem perceber que estão sendo avaliados. O docente também deve considerar a participação dos alunos nas atividades, bem como avaliar as mudanças processuais e atitudinais. Além disso, pode ser proposto um questionamento a partir dos principais conceitos estudados (CARVALHO et al., 2013).

A Figura 1 apresenta, de forma simplificada, as características e etapas de uma SEI proposta por Carvalho e colaboradores (2013).

Figura 1 – Características e etapas de uma SEI de acordo com Carvalho e colaboradores (2013).



Fonte: Elaboração própria.

Algumas perguntas podem auxiliar o professor a formular um processo investigativo de acordo com Sasseron (2017, p. 41): “Por que isso acontece? Como podemos explicar esse fenômeno? Como podemos descobrir isso? Qual é a suposição dessa pergunta?”. Estas perguntas devem ser utilizadas na problematização apresentada pelo professor no início da atividade investigativa para que os alunos detectem o problema. É importante destacar logo no princípio da investigação os dados e informações necessárias para a resolução do problema (SASSERON, 2017).

A autora cita ainda perguntas que podem ser elaboradas ao longo da SEI para analisar os dados como: “O que foi importante para que isso acontecesse? Quais seriam os efeitos disso?” e outras para gerar questionamentos: “Como será que isso funciona? Como chegou a

essa conclusão?” (SASSERON, 2017, p. 42). Para que os alunos consigam concluir a atividade proposta, discutir os resultados obtidos e, internalizar os conceitos se faz necessário o uso de perguntas como: “Você conhece algum outro exemplo para isso? Você poderia explicar isso de outra maneira? Como isso se aplica a esse caso?” (SASSERON, 2017, p. 43).

Diferentes temas podem ser explorados numa SEI. Como exemplos pode-se citar o trabalho de Lima (2015) que elaborou uma SEI em aulas de ciências do 9º ano do Ensino Fundamental utilizando os Materiais e suas propriedades como tema. A autora relata que ao longo do desenvolvimento da SEI os alunos se envolveram na construção do conhecimento alcançando o objetivo proposto. Santos (2016) produziu uma SEI para salientar a importância existente em desenvolver, entre os alunos nos anos iniciais do Ensino Fundamental, atividades interdisciplinares e contextualizadas que proporcionam o questionamento e promovam a Alfabetização Científica sobre o “Solo” e o “Cacau”.

Entre as vantagens de utilizar uma SEI em sala de aula está o incentivo à leitura, escrita e ao questionamento, a promoção do diálogo e da construção de argumentos para debates e discussões científicas. Elaborar uma SEI que promova a escrita do aluno faz com que o mesmo estruture seus pensamentos, auxiliando no desenvolvimento intelectual e do raciocínio (SASSERON, 2015; TRIVELATO; TONIDANDEL, 2015). Nessa perspectiva, Capecchi (2004 apud¹¹ TRIVELATO; TONIDANDEL, 2015) declara que as discussões e as experimentações propiciam o exercício da linguagem científica, no contexto escolar.

Apesar das muitas vantagens da SEI, Azevedo (2004 apud¹² BASSOLI; RIBEIRO; GEVEGY, 2014) afirma que é importante que os alunos enxerguem sentido nas atividades investigativas para que saibam o motivo de estarem realizando as atividades propostas pelo professor e se sintam inseridos naquele contexto.

2.5 A Interdisciplinaridade e a Fotossíntese

Diversos autores (KRAUSZ, 2011; SANTOS et al., 2011; SILVA, 2004) definem a interdisciplinaridade como uma interação entre as disciplinas que visa superar as barreiras impostas pelos currículos, por meio de um tema ou projeto. A interdisciplinaridade proporciona o intercâmbio, a cooperação, o diálogo e a troca de informações em sala de aula,

¹¹ CAPECCHI, M. C. Aspectos da cultura científica em atividade de experimentação nas aulas de física. 264f. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

¹² AZEVEDO, M. C. P. S. Ensino por Investigação: problematizando as atividades em sala de aula. In: Anna Maria Pessoa de Carvalho (Org.): Ensino de Ciências Unindo a Pesquisa e a Prática. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2006, p. 19-33.

na qual os alunos precisam sintetizar entre si os conteúdos trabalhados pelo professor (SILVA, 2004).

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC), corrobora a concepção interdisciplinar ao propor que o ensino seja ancorado em competências onde as habilidades centrais serão integradas aos componentes curriculares definidos previamente, salientando o compromisso da educação brasileira com a formação humana integral (BRASIL, 2018, p. 16-17). Segundo o PCN+ do Ensino Médio (BRASIL, 2002, p. 8), “as três áreas – Ciências da Natureza e Matemática, Ciências Humanas, Linguagens e Códigos - organizam e interligam disciplinas, mas não as diluem nem as eliminam”. Assim, é necessário articular as áreas da ciência com a especialização dos saberes disciplinares para que a formação do estudante seja completa. Para tal, os projetos políticos pedagógicos das escolas devem estar em harmonia com a realidade escolar e as necessidades formativas, visando a articulação do conteúdo de ciências de diversos temas como: energia; biosfera; qualidade de vida; Terra, Universo e Vida Humana, podem ser trabalhados num caráter interdisciplinar (BRASIL, 2002).

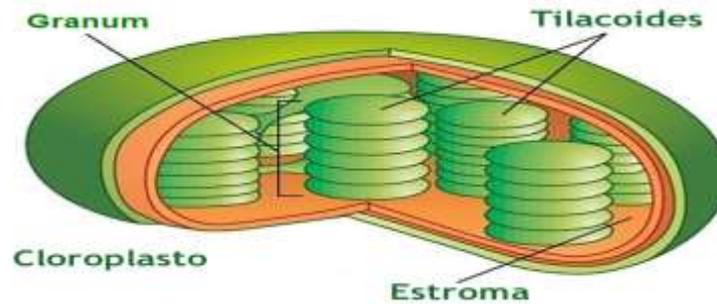
2.5.1 Fotossíntese

A fotossíntese é definida como um processo químico no qual a “energia solar é capturada e convertida em energia química na forma de ATP e compostos orgânicos reduzidos” (GONZÁLEZ, s.d., p. 1). O físico holandês Jan Ingenhousz (1730-1799) é considerado o descobridor da fotossíntese por ter, em 1779, encontrado a produção de oxigênio das plantas na presença de luz solar. Em 1782, Senebier constatou que o dióxido de carbono também é necessário para a realização da fotossíntese (GONZÁLEZ, s.d.; TAIZ; ZEIGER, 2006).

A fotossíntese é considerada um dos processos químicos mais importantes porque inicia a transformação da energia na biosfera, além disso, associada a outros processos fisiológicos exerce a função vital de nutrição autotrófica nos vegetais. Este fenômeno envolve reações fotoquímicas e bioquímicas, fase “clara” e fase “escura”, respectivamente.

Na primeira fase ocorrem as reações em que é necessária a participação da luz. Esta etapa ocorre no cloroplasto, organela presente no interior das células das algas e plantas, mais especificamente nos tilacóides (Figura 2), onde estão presentes as enzimas e os pigmentos fotossintéticos necessários para as reações fotoquímicas da fotossíntese.

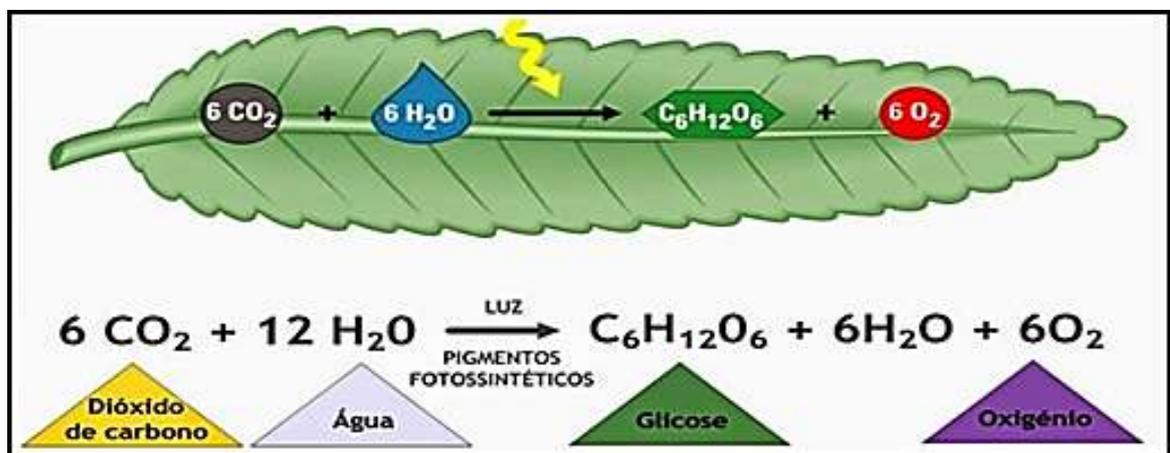
Figura 2 – Estrutura do Cloroplasto.



Fonte: <https://vignette.wikia.nocookie.net/estudo-de-biologia/images/c/cd/Estrutura_do_Cloroplasto-0.png/revision/latest?cb=20160806163954&path-prefix=pt-br>.

A figura 3 mostra a reação geral desta fase (BANDEIRA; JORDÃO, 2012; KAWASAKI; BIZZO, 2000; LIESENFELD et al., 2015; GONZÁLEZ, s.d.).

Figura 3 – Reação fotoquímica.



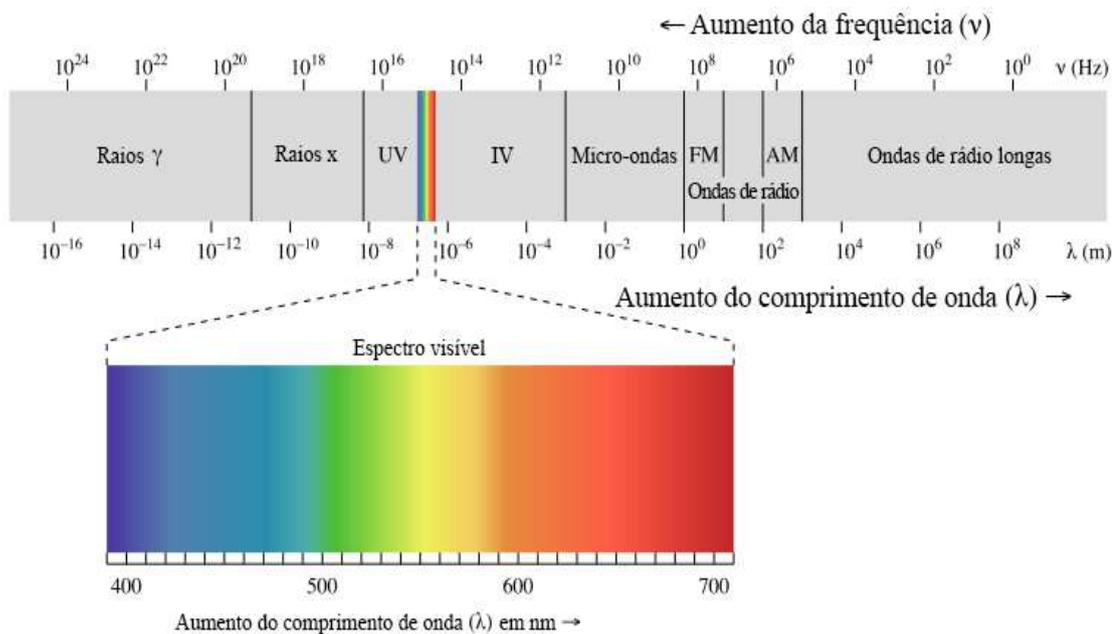
Fonte: <<http://salabioquimica.blogspot.com.br/2014/06>>.

Na primeira fase ocorre formação de ATP (Adenosina Trifosfato) e NADPH (Fosfato de dinucleótido de nicotinamida e adenina) que fornecerão, respectivamente, energia e elétrons para a fase bioquímica. Durante a fase bioquímica ocorre um processo endotérmico denominado Ciclo de Calvin-Benson, no qual o dióxido de carbono é reduzido pelo NADPH enquanto o ATP fornece energia para o processo, formando a glicose como produto. Dessa forma, as reações da fase bioquímica por utilizarem as substâncias produzidas na fase fotoquímica dependem indiretamente da luz (BANDEIRA; JORDÃO, 2012; GONZÁLEZ, s.d; TAIZ; ZEIGER, 2006).

No século XX foi descoberto que a luz possui características tanto de onda quanto de partícula. Uma partícula de luz é denominada fóton e, cada fóton possui um *quantum*

(quantidade de energia). Essa energia depende da frequência (ν) de radiação da luz e da constante de Planck ($h = 6,626 \cdot 10^{-34} J s$), e é expressa como: $E = h\nu$. Nossos olhos não são capazes de visualizar todo o espectro eletromagnético, pois são sensíveis apenas a uma determinada faixa de frequências (região da luz visível) entre as faixas do ultravioleta (frequências superiores ao visível) e do infravermelho (frequências inferiores ao visível), como mostra a figura 4 (GONZÁLEZ, s.d; TAIZ; ZEIGER, 2006).

Figura 4 – Espectro Eletromagnético.



Fonte: <<https://ka-perseus-images.s3.amazonaws.com/60449af8ea29f917ff4fc248ff4141a025f03ba1.png>>.

A luz solar é composta por diversos fótons de diferentes frequências e é emitida de forma que seu espectro possua intensidade máxima próxima na faixa do visível. Quando os pigmentos fotossintéticos, presentes nos tilacóides, absorvem a energia luminosa (luz), eles passam para um estado excitado, ou seja, passam para um orbital mais externo e, ao voltar para seu estado estável emitem parte da energia. A maioria das plantas aparenta ser verde devido à clorofila, pigmento fotossintético, pois ela absorve a luz fortemente nas faixas do vermelho (aproximadamente 660 nm) e do azul (aproximadamente 430 nm) do espectro e, quase não absorve na faixa verde do espectro (aproximadamente 550 nm) fazendo com que essa luz seja refletida para o olho humano. A figura 5 mostra o espectro de absorção dos pigmentos presentes na fotossíntese (GONZÁLEZ, s.d; TAIZ; ZEIGER, 2006).

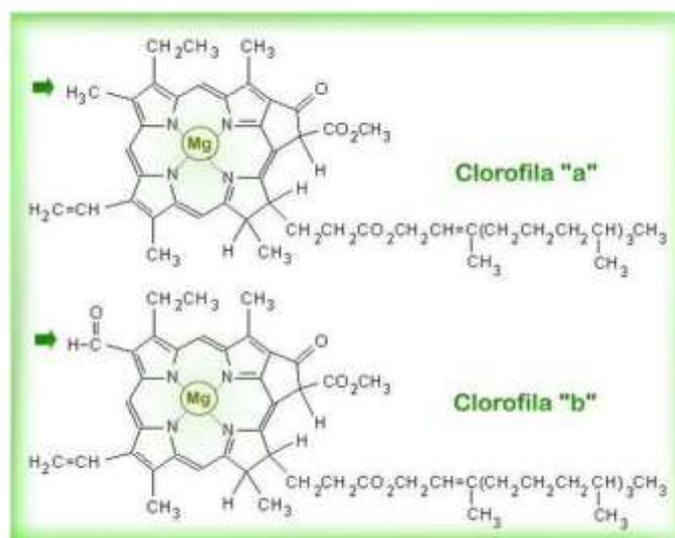
Figura 5 – Absorção dos pigmentos fotossintéticos.



Fonte: <<http://www.c2o.pro.br/hackaguas/apk.html>>.

As clorofilas (Figura 6) possuem uma estrutura de anel tipo porfirina, que é o sítio dos rearranjos eletrônicos que acontecem quando a clorofila está excitada, com um átomo de magnésio (Mg) ao centro e uma cauda de hidrocarbonetos. Cada tipo de clorofila possui diferentes substituintes ao redor dos anéis e nos padrões de ligações duplas. Já os carotenoides são polienos lineares que atuam tanto como agentes protetores quanto pigmentos das antenas (TAIZ; ZEIGER, 2006).

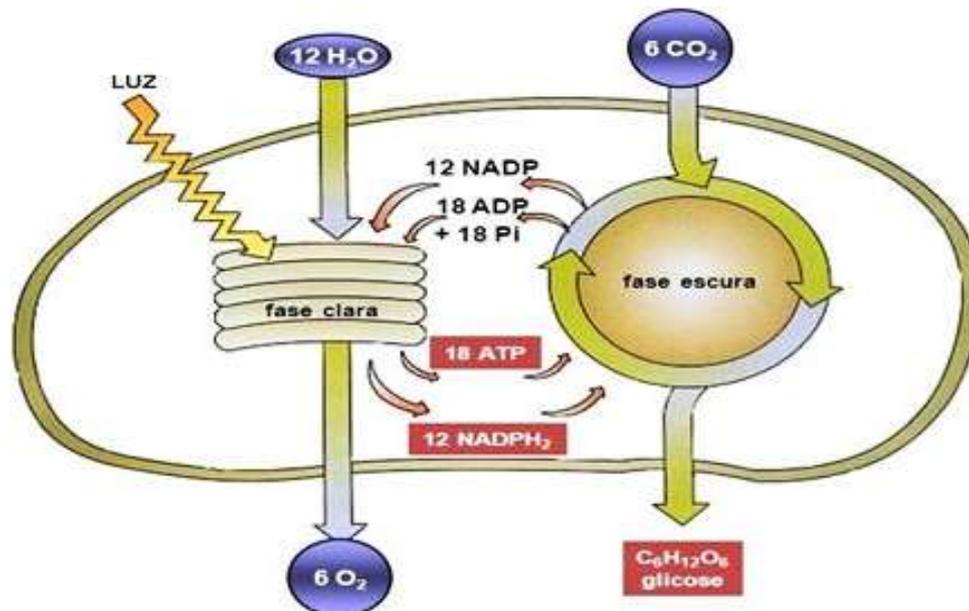
Figura 6 – Estrutura química da clorofila.



Fonte: <<http://www.infoescola.com/wp-content/uploads/2010/01/clorofila-a-b.jpg>>.

Para que o processo de fotossíntese aconteça é preciso a participação de componentes físicos (luz), químicos (pigmentos fotossintéticos, água, dióxido carbônico) e biológicos (BANDEIRA; JORDÃO, 2012; GONZÁLEZ, s.d.; LIESENFELD et al., 2015), como pode ser observado pela Figura 7.

Figura 7 – Etapas do processo de fotossíntese.



Fonte: <<https://www.resumoescolar.com.br/biologia/resumo-da-fotossintese/>>.

Para Moreira (2013), a fotossíntese “é um processo de conversão de energia luminosa em energia química” realizado pelas algas, plantas e alguns microrganismos. Enquanto as plantas, geralmente, são seres autotróficos, capazes de absorver a luz solar por meio dos pigmentos fotossintéticos para formar NADPH (Fosfato de dinucleótido de nicotinamida e adenina) e ATP (Adenosina Trifosfato), os animais são seres heterotróficos, isto é, não são capazes de produzir seu próprio alimento e atuam como consumidores nas cadeias alimentares (LIESENFELD et al., 2015; MOREIRA, 2013).

2.5.2 Concepções que os alunos possuem sobre fotossíntese

O trabalho elaborado por Bassoli, Ribeiro e Gevegny (2014), a partir de atividades investigativas desenvolvidas com os alunos sobre a fotossíntese, destaca a importância de abordar este tema envolvendo as três áreas (biologia, física e química). Segundo os autores, para que os alunos não compreendam esse fenômeno de forma fragmentada, faz-se necessário que, depois da realização das atividades investigativas, sejam efetuados debates e atividades de produção de texto que consolidem o aprendizado (BASSOLI; RIBEIRO; GEVEGY, 2014).

Enquanto Kawasaki e Bizzo (2000) defendem que para explicar o processo de fotossíntese é preciso integrar conceitos de bioquímica, fisiologia, ecologia, química e física. Neste contexto, os autores analisam e discutem dados de uma pesquisa realizada por

Kawasaki (1998) a respeito da concepção de estudantes do 6º ao 9º ano do ensino fundamental sobre o tema: nutrição vegetal. Durante a pesquisa, dezessete estudantes de três escolas do Município de Ribeirão Preto (SP) responderam em média 200 perguntas com o objetivo de verificar a compreensão dos processos de conversão de energia envolvidos, integrando as diferentes áreas de estudo. Analisando os resultados da pesquisa os autores declaram que “no ensino de ciências, a fotossíntese não deve ser abordada como um tópico isolado, mas no contexto dos processos que realizam a nutrição autotrófica” (KAWASAKI; BIZZO, 2000, p. 5).

Segundo Liesenfeld (et al., 2015), as muitas reações e transformações de energia presentes no processo de fotossíntese dificultam a compreensão dos alunos. Esses autores realizaram um projeto interativo sobre fotossíntese, aplicado em uma turma do 1º ano do Ensino Médio de uma escola estadual do Paraná. Inicialmente, os alunos responderam um questionário e esquematizaram textos, desenhos e frases, a fim de verificar conceitos prévios sobre fotossíntese. De acordo com as repostas dos estudantes, verificou-se que muitos alunos possuíam ideias triviais e equivocadas sobre o tema, como o pensamento de que “a fotossíntese é o processo de respiração das plantas, e que o O_2 é oriundo do CO_2 , e não da foto-oxidação da água” (LIESENFELD et al., 2015, p. 1). Diante disso, as autoras fizeram uso de um modelo didático interativo no qual os alunos foram expostos a novas concepções acerca do tema e puderam rever antigas concepções (LIESENFELD et al., 2015).

Dessa forma, os autores relatam que muitos alunos consideram a fotossíntese um tema complexo por causa do enfoque dos livros didáticos e, também, pela abordagem conteudista utilizada pelos professores que apresentam os diversos processos bioquímicos e equações matemáticas sem ao menos explicá-las para que sejam entendidas (BASSOLI; RIBEIRO; GEVEGY, 2014; LIESENFELD et al., 2015).

3 METODOLOGIA

No presente capítulo são apresentadas considerações sobre a sequência de ensino investigativa elaborada e sua conexão com alguns referenciais teóricos no contexto do ensino de ciências e livros didáticos. Posteriormente, são feitas considerações específicas sobre a pesquisa: abordagem metodológica qualitativa, sujeitos da pesquisa e instrumentos de coleta dos dados.

3.1 A proposta didática

Este tópico relata uma breve descrição do material didático proposto nesta pesquisa, relacionando-o aos livros e projetos didáticos pertinentes as disciplinas de física, química e biologia.

3.1.1 O material didático

O produto didático apresentado procura contemplar os passos de uma Sequência de Ensino Investigativa (SEI) proposta por Carvalho e colaboradores (2013) e Sasseron (2015; 2017). Portanto, este produto almeja associar os conceitos relacionados à fotossíntese num caráter interdisciplinar, integrando os conteúdos de física, química e biologia. A SEI proposta também possui o intuito de aproximar a ciência ao cotidiano do aluno, favorecendo a alfabetização científica e a aprendizagem significativa.

Assim sendo, tal proposta necessita focar em tópicos importantes para o processo de ensino e aprendizagem, isto é, verificar os conhecimentos prévios; adequar o material didático aos níveis de desenvolvimento cognitivo dos alunos; valorizar os ‘erros’; gerar conflitos cognitivos e possibilidades de superação; estimular o debate entre os indivíduos e o convívio social; promover a enculturação científica; dentre outros (CARVALHO et al., 2013; SASSERON, 2015; 2017). Para abranger estes tópicos, sugere-se o uso de recursos variados como leitura, interpretação e produção de textos, experimentos, jogos, vídeos (SANTOS, 2016, p. 19).

Segundo Carvalho e colaboradores (2013, p. 10-14), o problema de investigação e o material didático são elementos fundamentais para a produção de uma SEI e, por isso, devem ser bem planejados. O problema ou desafio pode ser experimental ou não, devendo ser contextualizado e provocar o interesse dos alunos. Já o material didático deve ser intrigante,

permitindo que os alunos diversifiquem suas ações ao resolver o problema e não desistam da atividade proposta (CARVALHO et al., 2013, p. 10-12).

Ainda, na visão dos autores, são exemplificadas quatro etapas que diferem as atribuições dos professores e alunos no desenvolvimento da SEI, dentre elas: problema; sistematização do conhecimento; contextualização social; avaliação. Desta forma, o papel do professor é planejar um bom material de acordo com o referencial teórico; propor o problema, dando subsídios para sua resolução; auxiliar os alunos e sanar dúvidas; suscitar debates acerca do conteúdo, considerando a realidade dos alunos e apresentar aos alunos uma linguagem mais científica. Enquanto, papel do estudante é levantar e testar hipóteses; compartilhar e discutir as ideias com os colegas de classe; criar argumentos; participar ativamente dos debates propostos pelo professor (CARVALHO et al., 2013, p. 10-13).

Nesta perspectiva, a presente pesquisa propõe um material didático (Apêndice B, p. 128), no contexto de uma SEI, que segue a seguinte estruturação:

Fase 1 – Problematização inicial

Esta fase tem a finalidade de apurar os conhecimentos prévios dos alunos relacionados à fotossíntese. Divide-se na primeira e segunda atividades investigativas: questionário inicial e problema inicial, respectivamente.

Fase 2 – Composição da luz

Nesta fase serão estudados os conceitos físicos relacionados à luz: natureza da luz, decomposição da luz e espectro eletromagnético. Para tal os alunos irão realizar um experimento proposto na terceira atividade investigativa. Em seguida, na quarta atividade investigativa, será ministrada uma aula teórica dialogada com resolução de questões.

Fase 3 – Pigmentos fotossintetizantes

Visa integrar conceitos químicos/biológicos como: estrutura e função dos pigmentos fotossintetizantes; organelas celulares e reações químicas, aos conceitos estudados na fase anterior. A primeira atividade investigativa apresentada nesta fase propõe a execução do experimento “Cromatografia em papel” e resolução de questões. Já a segunda trata-se de uma aula expositiva dialogada e questões acerca dos conceitos acima citados.

Fase 4 – A energia da fotossíntese

Esta fase objetiva apresentar a relação entre fotossíntese e energia, evidenciando as etapas fotoquímica e enzimática, bem como os diversos tipos de energia. É estruturada por duas atividades investigativas: aula teórica dialogada e simulador *Phet*: Formas de Energia e Transformações.

Fase 5 – A química da fotossíntese

O objetivo principal desta fase é estudar as reações químicas que ocorrem no processo de fotossíntese, reconciliando aos temas trabalhados nas fases anteriores. É composta por duas atividades investigativas: apresentação de vídeo/questões e aula teórica dialogada com resolução de exercícios.

Fase 6 – Fotossíntese e seres vivos

Esta fase apresenta a relação entre o processo de fotossíntese e o ecossistema por meio de uma aula expositiva/questões. Além disso, os alunos deverão produzir textos sobre o conteúdo.

Fase 7 – Fotossíntese

Almeja reconciliar e consolidar os temas trabalhados nas fases anteriores. Por isso são propostas duas atividades investigativas. A primeira sugere a realização do jogo: Fotossíntese – Vamos quebrar a cabeça?, bem como a produção de texto. Já a segunda atividade investigativa proposta nesta fase sugere a aplicação de um questionário final e a construção de um mapa conceitual.

Vale ressaltar que no quarto capítulo desta pesquisa serão descritas detalhadamente as atividades investigativas acima citadas.

3.1.2 Como os livros apresentam os princípios fundamentais da fotossíntese em nível médio?

Desde o final do século passado, o governo brasileiro visa democratizar tanto a qualidade quanto a distribuição do livro didático por meio do Programa Nacional do Livro Didático (PNLD). Para tal, os livros são constantemente avaliados pelo Ministério da Educação (MEC) com base nas Diretrizes Curriculares Nacionais (BRASIL, 2007), analisando as questões éticas, científicas, metodológicas e pedagógicas. Por isso, o professor,

atualmente, possui mais autonomia em sala de aula ao poder opinar na escolha do livro didático.

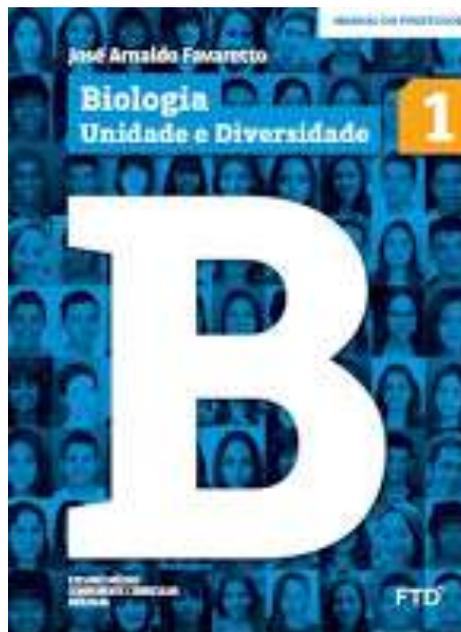
Assim sendo, foram selecionados dois livros didáticos aprovados pelo PNLD-2018 para serem brevemente analisados. Ambos os livros podem ser usados para o ensino de fotossíntese, em nível médio, propiciando um parâmetro de comparação com o material didático proposto nesta investigação. O primeiro livro analisado é utilizado pela Instituição de Ensino onde a proposta pedagógica será aplicada. Já o segundo livro fundamentou o material didático proposto nesta pesquisa.

A fim de organizar a avaliação, foram estabelecidos alguns critérios que contemplam as estratégias pedagógicas apontadas na presente investigação, entre eles: a interdisciplinaridade, a experimentação e as atividades/avaliação.

Livro 1¹³ – Biologia – Unidade e Diversidade / Autor: José Arnaldo Favareto.

O livro baseia-se em uma proposta pedagógica que favorece a criticidade e autonomia, pois evidencia questões socioculturais e tecnológicas relacionadas a vida dos alunos. Além disso, a obra faz uso de diversos recursos como gráficos, ilustrações, tabelas.

Figura 8 – Capa do livro: Biologia – Unidade e Diversidade.



Fonte: FAVARETO, José Arnaldo. Biologia – Unidade e Diversidade (2016).

¹³ FAVARETO, José Arnaldo. Biologia – Unidade e Diversidade, 1º ano / José Arnaldo Favareto - 1. ed. São Paulo: FTD, 2016. – (Coleção biologia unidade e diversidade)

Livro 2¹⁴ – Biologia / Autora: Vivian L. Mendonça

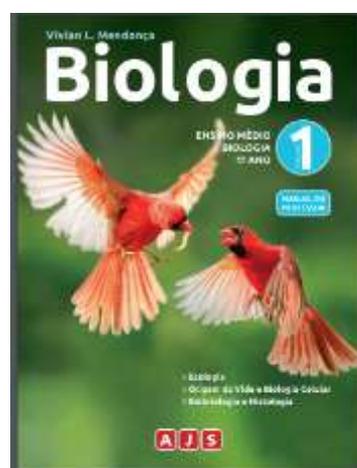
O livro apresenta os conteúdos organizados em temas estruturadores, auxiliando o professor pedagogicamente. Os temas principais de biologia são apresentados em múltiplos contextos e em diferentes níveis de complexidade. A obra possui glossário etimológico e índice remissivo que favorecem a consulta de termos científicos evidenciados ao longo dos textos, valorizando a importância da nomenclatura científica na construção do saber biológico.

A obra sugere a realização de atividades e projetos interdisciplinares, exibe uma perspectiva histórica e filosófica do saber científico e incentiva debates sobre o papel da ciência no fornecimento de explicações para questões cotidianas, principalmente, nos procedimentos de leitura, pesquisas e debates.

Nas seções “Vamos Criticar O Que Estudamos” e “Pense e Responda”, o livro apresenta e reforça o caráter investigativo e dinâmico da ciência, destacando que os conhecimentos científicos não são absolutos. A autora busca favorecer o desenvolvimento do pensamento crítico reflexivo, apontando aspectos que envolvem a discussão acadêmica em torno de desacordos entre o senso comum e o conhecimento científico.

A seção “Aula Prática” contém uma perspectiva experimental, exibindo roteiros simples que permitem a realização de experimentos relacionados aos fenômenos explicitados nos textos principais.

Figura 9 – Capa do livro: Biologia.



Fonte: MENDONÇA, Vivian L. Biologia: Editora AJS (2016).

¹⁴ MENDONÇA, Vivian L. Biologia: ecologia: origem da vida e biologia celular embriologia e histologia: volume 1: ensino médio / Vivian L. Mendonça. -- 3. ed. -São Paulo: Editora AJS, 2016. (Coleção biologia)

3.2 A pesquisa

A metodologia empregada na pesquisa possuiu uma abordagem de cunho qualitativo, visto que a aprendizagem não pode ser quantificada. A pesquisa qualitativa tem como característica central a compreensão dos significados apresentados pelo sujeito que está em estudo, isto é, o pesquisador visa aumentar a credibilidade de suas interpretações descrevendo suas ações, ressaltando trechos importantes e detalhando suas observações (MOREIRA; ROSA, 2016, p. 5-7).

De acordo com Moreira e Rosa (2016, p. 8-15), a abordagem qualitativa divide-se em três metodologias principais: a etnografia, o estudo de casos e a pesquisa-ação. A etnografia é usada na tentativa de descrição de uma cultura, por meio da observação participativa. O estudo de casos tem ênfase na observação detalhada de um indivíduo, contexto ou algum evento particular. Já a pesquisa-ação ou investigação-ação objetiva “a mudança; desenvolvimento; implementação e avaliação dessa ação” (Ibid., p. 17).

Esta investigação realizará um “estudo de caso de observação” (BOGDAN; BIKLEN, 1994, p. 90), conectando o descritivo e o interpretativo (MOREIRA; ROSA, 2016, p. 14). Para tal, será aplicada num grupo específico. Na educação, o termo “estudo de caso” é adotado nas metodologias com o intuito de analisar um fenômeno particular, considerando “seu contexto e suas múltiplas dimensões” (ANDRÉ, 2013, p. 97). Além disso, destaca-se o fator unitário, salientando “a necessidade da análise situada e em profundidade” (Ibid.).

Ao utilizar o estudo de caso qualitativo são ressaltados três pressupostos básicos: o pesquisador precisa ter uma postura crítica e flexível em relação ao seu referencial teórico; utilizar diversas fontes de extração de dados e dos métodos de coleta, buscando evitar interpretações equivocadas; descrever rigorosamente e de forma precisa as observações e a análise dos dados, averiguando e evidenciando as divergências (PERES; SANTOS, 2005 apud¹⁵ ANDRÉ, 2013, p. 97).

Os principais objetivos da entrevista, recurso empregado nesta pesquisa, são: descrição detalhada de eventos, bem como “construir um referencial para pesquisas futuras e fornecer dados para testar expectativas e hipóteses desenvolvidas fora de uma perspectiva teórica específica” (GASKELL, 2008, p. 65). Para Bogdan e Biklen (1994, p. 09), as entrevistas podem apresentar um caráter semiestruturado nos estudos qualitativos, pois busca-se instigar

¹⁵ PERES, R. S.; SANTOS, M. A. Considerações gerais e orientações práticas acerca do emprego de estudos de caso na pesquisa científica em Psicologia. *Interações*, v. X, n. 20, p. 109-126, jul./dez. 2005.

nos entrevistados comentários acerca dos temas abordados, salientando os “processos e significados”.

3.2.1 Sujeitos

Os sujeitos desta pesquisa são 6 docentes de distintas instituições de ensino e 1 discente do último período do curso de Licenciatura em Ciências da Natureza.

A seguir serão apresentados os critérios para escolha dos entrevistados¹⁶: Júlia, Natali, Carlos, Cristiane, Enzo, Carla e Talita.

Critérios para seleção dos entrevistados

Júlia foi escolhida por ser professora de Ciências da Natureza/Química e por ter atuado, durante a graduação, em diversos projetos interdisciplinares. Sua formação inicial destaca o uso de estratégias didáticas diferenciadas.

Natali é doutora em Biociências e Biotecnologia e atua como docente na rede pública federal de ensino com turmas de graduação (licenciatura) e de ensino médio integrado. É professora há 12 anos e participa ativamente de projetos e eventos que envolvem intervenções didáticas. É uma docente que se preocupa com a boa formação dos alunos e busca incentivá-los com novas estratégias de ensino. Já publicou pesquisas sobre SEI, experimentação e interdisciplinaridade.

Carlos é formado em Ciências da Natureza/Física e especialista em Ensino de Física. Leciona em turmas do ensino médio em escolas do Estado do Espírito Santo. Durante a graduação participou de projetos de monitoria e que valorizam o uso de estratégias didáticas diferenciadas.

Cristiane é uma professora experiente, com mais de 25 anos de atuação em escolas estaduais e particulares. Possui grande preocupação com o ensino público e com a boa formação dos estudantes. Busca utilizar em sala de aula diferentes estratégias, especialmente a experimentação.

Enzo é mestrando em Ciências Naturais e formado em Física. O docente, durante a graduação, participou de projetos como o Pibid, possuindo conhecimentos específicos sobre estratégias diversificadas e dinâmicas para a sala de aula.

¹⁶ A fim de manter o anonimato dos sujeitos, foram citados nomes fictícios.

Carla é mestre em ensino de Física e leciona na rede estadual de ensino do Rio de Janeiro. Utilizou a SEI e variadas estratégias didáticas em diversos momentos de sua atuação profissional, publicando suas análises em pesquisas acadêmicas.

Talita é aluna do último período no curso de Licenciatura em Ciências da Natureza (modalidade física) e foi selecionada por ter um bom aprofundamento teórico e interesse no aprendizado dos alunos, podendo contribuir significativamente na análise do material e das atividades/exercícios propostos.

3.2.1 Instrumentos

Serão consideradas as observações/anotações registradas pela pesquisadora durante as entrevistas realizadas. Todos os docentes entrevistados autorizaram, por meio do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), que as entrevistas fossem áudio-gravadas, permitindo um relato fiel e sem perda de detalhes importantes para a análise dos dados.

O roteiro elaborado para as entrevistas (Apêndice A, p. 127), foi centrado na análise e avaliação da SEI, sendo estruturado com perguntas pertinentes que valorizam seu potencial significativo. Os questionamentos apontados no roteiro refletem temas potencialmente relevantes para a pesquisa. André (2013, p. 100), enfatiza que o roteiro deve almejar obter os posicionamentos pessoais dos entrevistados acerca do tema.

A entrevista semiestruturada tem como principal característica utilizar um roteiro previamente desenvolvido que almeja adequar as respostas dos entrevistados aos objetivos pretendidos. Assim, a entrevista semiestruturada traz questionamentos que são embasados em teorias que se relacionam com a pesquisa, a fim de fornecer respostas mais irrestritas que consideram aspectos abrangentes não padronizados (TRIVIÑOS, 1987, p. 146).

Roteiro de entrevista

A **questão 1** busca revelar os aspectos do produto didático que foram mais importantes e se destacaram para o entrevistado, por isso é um questionamento mais amplo e aberto. Neste momento, almeja-se salientar as impressões mais marcantes de cada docente acerca do material, proporcionando a aparição de temas/categorias para análise.

A **questão 2** objetiva salientar as impressões dos entrevistados acerca do caráter interdisciplinar do material didático, um dos pontos centrais da pesquisa.

A **questão 3** busca verificar a opinião dos entrevistados sobre o ano de aplicação do produto didático, isto é, objetiva identificar se, para os docentes, o material didático é compatível e viável para estudantes do terceiro ano do ensino médio.

A **questão 4** proporciona uma reflexão em relação ao método de ensino (SEI), salientando sua estrutura e a variedade de recursos didáticos utilizados.

A **questão 5** visa verificar a opinião dos entrevistados acerca da complexidade do material, isto é, se os conteúdos, linguagem e atividades apresentadas estão compatíveis com o nível de compreensão de alunos do terceiro ano do ensino médio.

A **questão 6** pretende identificar as concepções dos entrevistados em relação ao potencial da SEI elaborada para a aprendizagem dos conteúdos.

A **questão 7** almeja verificar as concepções dos entrevistados quanto ao potencial motivacional do material didático.

A **questão 8** busca evidenciar quais pontos positivos do produto didático foram mais marcantes para os entrevistados.

A **questão 9** pretende verificar quais foram os aspectos negativos mais relevantes do material didático do ponto de vista dos docentes.

A **questão 10**, última da entrevista, retoma o objetivo da primeira questão, isto é, busca evidenciar quais foram os aspectos mais marcantes e relevantes sobre o material didático elaborado.

4 DESCRIÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

O produto educacional elaborado nesta pesquisa trata-se de uma SEI desenvolvida em sete fases (1 a 7) composta de treze atividades investigativas, que se dispõe de diferentes estratégias de ensino, por exemplo, experimentos de baixo custo, jogos, vídeos, aulas dialogadas e mapa conceitual. Cada fase da SEI foi elaborada com conteúdos teórico/histórico/experimental/interdisciplinares necessários para o amplo entendimento do tema fotossíntese e serviu de base para a próxima fase, ou seja, a resolução do problema de uma fase conduziu os alunos para novos questionamentos a serem apresentados na fase seguinte (Apêndice B, p. 128).

As sete fases propostas na SEI foram estruturadas a partir das etapas previstas por Carvalho e colaboradores (2013, p. 8-20), ou seja, o problema, sistematização dos conhecimentos elaborados nos grupos e individual do conhecimento, contextualização social do conhecimento e avaliação. Diante do exposto, a fase 1 apresenta a problematização inicial, as fases 2 a 6 apresentam atividades que viabilizam a resolução dos problemas pelos alunos e a sistematização do conhecimento (individual e em grupo). As fases 4 e 6 buscam a contextualização social. A fase 7 propõe atividades para avaliação individual e em grupo do conhecimento.

Para melhor organização do produto educacional, cada fase da SEI, com exceção da fase 6, apresenta duas atividades investigativas, ou seja, a fase 1 apresenta a primeira e segunda atividades investigativas, a fase 2, a terceira e a quarta, a fase 3, a quinta e a sexta, a fase 4, a sétima e a oitava, a fase 5, a nona e a décima, a fase 6, a décima primeira, e a fase 7, décima segunda e a décima terceira atividade investigativa. Nos próximos parágrafos são descritas cada atividade investigativa que estrutura a proposta de intervenção didática.

Fase 1 – problematização inicial

Primeira atividade investigativa – questionário inicial

Pretende-se apresentar a proposta da SEI, solicitando comprometimento e participação durante a execução das aulas e atividades por parte dos alunos. Posteriormente, é sugerido um questionário para levantamento das concepções prévias acerca do conceito de fotossíntese. Moreira (1999, p. 162) afirma que o conhecimento prévio do aluno é primordial para suceder uma aprendizagem significativa. Sendo assim, iniciar a SEI dessa forma é fundamental para conhecer a opinião dos alunos e, caso necessário, efetuar modificações nas próximas etapas.

O questionário inicial contém oito questões, sendo cinco discursivas, duas de múltipla escolha e uma de verdadeiro ou falso (Apêndice B, p. 135). O intuito das questões é verificar se o aluno conhece o processo da fotossíntese, como ela ocorre, suas reações, como e onde ela está presente no nosso cotidiano.

Interessante notar que a literatura identifica algumas concepções alternativas sobre fotossíntese. Zago e colaboradores (2007, p. 780), por exemplo, realizaram um trabalho com alunos do terceiro ano do ensino médio a fim de identificar as concepções desses alunos a respeito da fotossíntese. Dentre os resultados obtidos, verificou-se que a maioria dos alunos apresenta a fotossíntese como sinônimo da respiração, visto que ambas efetuam trocas gasosas. Além disso, outras noções como: “processo de vida das plantas” e “processo de evolução das plantas”, foram apresentados pelos alunos (ZAGO et al., 2007, p. 782).

Segunda atividade investigativa – problema inicial

Deseja-se apresentar o problema inicial: relação da fotossíntese com o vazamento de óleo que aconteceu no litoral brasileiro no ano de 2019 e os impactos ambientais gerados nesse desastre. Para tanto, são apresentados trechos de reportagens que citam esse desastre ambiental junto ao seguinte questionamento: “Além da intoxicação e morte dos animais marinhos, quais são as principais consequências que o óleo na superfície e/ou aumento da temperatura dos oceanos podem causar nos ecossistemas marinhos?” (Apêndice B, p. 137).

A escolha do problema inicial se deu por estar contido na cultura dos alunos, provocando o interesse deles na busca por soluções e possibilitando a sugestão de hipóteses. De acordo com Carvalho e colaboradores (2013, p. 10), estas características são essenciais em um problema.

Fase 2 – Composição da luz

Terceira atividade investigativa – experimento/questões

Pretende-se dividir os alunos da turma em quatro equipes e, em seguida, apresentar a situação-problema inicial: “Por que a luz branca ao passar pelo prisma, figura geométrica, se dispersa formando novas cores?”. Esta pergunta foi contextualizada mediante observação da imagem da capa do CD “The dark side of the moon” da banda Pink Floyd e leitura do texto descritivo da imagem, presentes no material disponibilizado aos alunos (Apêndice B, p. 138).

Após o levantamento das hipóteses iniciais para a resolução da situação-problema, sugere-se a execução de quatro experimentos, visando solucionar a situação-problema inicial:

G1 – “Arco-íris caseiro com vela”; G2 – “Arco-íris caseiro com led”; G3 – “Arco-íris caseiro com lâmpada incandescente”; G4 – “Arco-íris caseiro com lâmpada fluorescente”.

Em seguida, propõe-se um debate sobre os experimentos realizados a fim de criar um ambiente para que os alunos possam produzir argumentos que comprovem ou refutem suas hipóteses. Posteriormente, recomenda-se a elaboração de um pequeno texto relatando o que foi observado e relacionando com o conteúdo, buscando a sistematização dos conceitos estudados.

Diante do exposto, esta atividade investigativa segue as etapas propostas por Carvalho e colaboradores (2013, p. 8-20), isto é, o professor distribui o material, propõe o problema, os alunos criam hipóteses e argumentos a fim de solucionar o problema e, em seguida, elaboram um texto visando a sistematização do conhecimento em grupo. Além disso, o uso de experimentos favorece o ensino de ciências, visto que, estimula a observação, investigação e o diálogo entre os estudantes (SANTOS, 2016, p. 19).

Quarta atividade investigativa – aula teórica dialogada/questões

Trata-se de uma aula dialogada sobre natureza da luz; a cor e fontes de luz; meios de propagação da luz; espectro eletromagnético (Apêndice B, p. 141), embasada no livro Óptica (OLIVEIRA, 2018, p. 7-18). Esta aula busca promover momentos de exposição teórica e sistematização do conhecimento, tendo em vista a diferenciação progressiva. Além disso, propõe-se a resolução de questões contextualizadas e instigantes sobre o tema, destacando as diferenças e semelhanças dos conteúdos abordados.

Esta atividade investigativa embasou-se na teoria ausubeliana, visto que, de acordo com Pozo (1998, p. 217-220), os alunos possuem mais facilidade de entender certo conteúdo quanto este é explicado do conhecimento mais geral para o mais específico. Dessa forma, ocorre a diferenciação progressiva. As questões propostas visam também a reconciliação integrativa, isto é, os novos conceitos sempre se relacionam aos posteriores e podem assumir novos significados (MOREIRA, 1999, p. 160), no sentido que aspectos das questões podem ser integrados aos conceitos gerais. Interessante frisar que as aulas de introdução de teoria são momentos propícios para a diferenciação progressiva, principalmente nas aplicações em situações específicas.

Fase 3 – Pigmentos fotossintetizantes

Quinta atividade investigativa – experimento/questões

Deseja-se propor uma segunda situação-problema: “Por que as folhas possuem diferentes colorações?”, contextualizada pela leitura e interpretação do texto “As cores das folhas” (Apêndice B, p. 146), visando o levantamento de hipóteses por parte dos alunos. Posteriormente, sugere-se a execução do experimento “cromatografia em papel”, buscando solucionar a situação-problema apresentada. Para sistematizar os conhecimentos elaborados pelos grupos sugere-se a resolução exercícios/problemas de verificação/aplicação referentes ao experimento proposto.

Assim como a terceira atividade investigativa, esta atividade segue as etapas propostas por Carvalho e colaboradores (2013, p. 8-20). Dessa forma, o professor atua como mediador ao distribuir o material adequado e propor o problema aos alunos, sanando as dúvidas que surgirem no decorrer da aula ministrada. Já os alunos podem elaborar hipóteses e argumentos buscando solucionar o problema e, em seguida, respondem as questões propostas para sistematização do conhecimento em grupo.

Como dito anteriormente, o uso de experimentos favorece o ensino de ciências, estimulando a observação e investigação (SANTOS, 2016, p. 19). Os experimentos são um momento bastante propício para colaborar na construção conceitual e atitudinal (AUGÉ, 2004).

Sexta atividade investigativa – aula teórica dialogada/questões

Pretende-se ministrar uma aula teórica sobre pigmentos fotossintetizantes, destacando a clorofila e os pigmentos acessórios (Apêndice B, p. 148), embasada no livro *Biologia* (MENDONÇA, 2016, p. 195-196). Para sistematizar o conhecimento sugere-se a resolução exercícios/problemas de verificação/aplicação envolvendo conteúdos de química relacionados aos compostos participantes da captação da energia luminosa, com análise das funções orgânicas presentes na clorofila e dos pigmentos acessórios.

Esta atividade investigativa encontra ressonância com a teoria ausubeliana quanto à diferenciação progressiva e também à reconciliação integrativa, isto é, apresentando primeiramente os conceitos mais gerais, buscando facilitar a aprendizagem dos alunos através dos aspectos mais específicos (POZO, 1998, p. 217-220). Já as questões propostas objetivam também a reconciliação integrativa, ou seja, os novos conceitos sempre se relacionam aos posteriores e podem assumir novos significados, ou seja, aspectos novos das questões precisam ser integrados aos conceitos gerais (MOREIRA, 1999, p. 160).

Fase 4 – A energia da fotossíntese

Sétima atividade investigativa – aula teórica dialogada/questões

Para iniciar o estudo das transformações de energia que ocorrem na fotossíntese, sugere-se uma aula teórica dialogada (Apêndice B, p. 154) fundamentada nos livros didáticos: *Biologia* (MENDONÇA, 2016, p. 195-202); *Física para o ensino médio: mecânica* (YAMAMOTO; FUKE, 2016, p. 202-215); *Mecânica* (GUIMARÃES; PIQUEIRA; CARRON, 2017, p. 180-203), evidenciando os tipos e fontes de energia, as transformações e o princípio da conservação de energia. Depois da aula ministrada deseja-se que os alunos respondam três questões de múltipla escolha e discursivas relacionadas ao conteúdo exposto na aula. Essas questões objetivam analisar o progresso dos alunos e propiciar um momento para que possam resolver possíveis dúvidas sobre os conteúdos estudados no decorrer da sequência didática.

A atividade proposta neste momento embasa-se na teoria de aprendizagem de Ausubel. Dessa forma, o conteúdo ministrado aqui objetiva a diferenciação progressiva e reconciliação integrativa do conhecimento, visto que a aula dialogada inicia com um panorama geral do conteúdo e vai se especificando nas formas de energia relevantes para o processo de fotossíntese, assim como também procura integrar-se nas temáticas anteriores (POZO, 1998, p. 217-220).

Oitava atividade investigativa – simulador/questões

Sugere-se a uma atividade dinâmica utilizando o simulador *PhET*: “Formas de energia e transformações” (Apêndice B, p. 158), produzido pelo *site PhET Interactive Simulations* disponível no *link*: <https://phet.colorado.edu/sims/html/energy-forms-and-changes/latest/energy-forms-and-changes_pt_BR.html>. Esta atividade propicia um momento de contextualização social, além disso busca consolidar o conteúdo estudado anteriormente e introduzir novos conceitos.

Depois de utilizar o simulador deseja-se que os alunos respondam três questões relacionadas ao conteúdo exposto. Essas questões objetivam analisar o progresso dos alunos e propiciar um momento para que possam resolver possíveis dúvidas sobre os conteúdos estudados no decorrer da sequência didática.

A proposta do simulador visa consolidar o conteúdo estudado anteriormente, fazendo uma breve revisão dos tipos de energia e suas transformações, isto é, realizam uma reconciliação integradora dos conteúdos trabalhados até o momento (MOREIRA, 1999, p. 160). Em uma pesquisa realizada por Martins, Serrão e Silva (2020, p. 216-233), os autores

apontam que o uso de simuladores virtuais no ensino torna as aulas mais atrativas e dinâmicas, aumentando a participação efetiva dos estudantes e facilitando a aprendizagem.

Fase 5 – A química da fotossíntese

Nona atividade investigativa – vídeo/questões

Para iniciar o estudo das reações químicas que ocorrem na fotossíntese, sugere-se a exibição de um vídeo intitulado “Fotossíntese” (Apêndice B, p. 163), produzido pelos mestrandos Cassio Moreira Santos e Francisco Gadelha Araújo Martins, disponibilizado no canal “cassio moreira santos” por meio do link: <https://www.youtube.com/watch?v=i9n9o23tBcs>.

Depois da apresentação do vídeo deseja-se que os alunos respondam quatro questões de múltipla escolha relacionadas ao conteúdo exposto no vídeo. Essas questões objetivam analisar o progresso dos alunos e propiciar um momento para que possam resolver possíveis dúvidas sobre os conteúdos estudados no decorrer da sequência didática.

Os primeiros minutos do vídeo visam consolidar o conteúdo estudado anteriormente, fazendo uma breve revisão do processo de fotossíntese, isto é, realizam uma reconciliação integradora dos conteúdos trabalhados até o momento (MOREIRA, 1999, p. 160). Após este momento de reconciliação, o vídeo introduz novos conceitos de forma dinâmica, afinal os recursos audiovisuais em sala de aula fomentam a curiosidade do aluno, instigando o desejo dos alunos para aprofundar o conhecimento sobre o assunto explicitado no vídeo (MORÁN, 1995, p. 30).

Décima atividade investigativa – aula teórica dialogada/questões

Nesta atividade investigativa pretende-se ministrar uma aula dialogada (Apêndice B, p. 164) fundamentada no livro didático *Biologia* (MENDONÇA, 2016, p. 195-202), abordando as reações que ocorrem durante o processo de fotossíntese como, por exemplo, a reação fotoquímica, a fotólise da água e a reação bioquímica, também conhecida como ciclo de Calvin. Além disso, será estudado o local onde ocorrem estas reações – os fotossistemas. Em seguida, deseja-se aplicar cinco questões de vestibulares referentes aos conteúdos estudados nessa aula.

Assim como nas fases anteriores, esta atividade investigativa, fundamenta-se na teoria de aprendizagem de Ausubel. Dessa forma, o conteúdo ministrado aqui objetiva a diferenciação progressiva e reconciliação integrativa do conhecimento, visto que a aula

dialogada inicia com um panorama geral do conteúdo e vai se especificando nas reações que ocorrem durante o processo de fotossíntese, assim como também procura integrar-se nas temáticas anteriores (POZO, 1998, p. 217-220).

Fase 6 – Fotossíntese e seres vivos

Décima primeira atividade investigativa – aula teórica dialogada/questões

Deseja-se ministrar uma aula expositiva (Apêndice B, p. 170) embasada no livro didático *Biologia* (MENDONÇA, 2016, p. 39-52), sobre a relação entre fotossíntese e ecossistema, exemplificando os conteúdos: cadeia e teia alimentar. No decorrer da aula ministrada espera-se a participação dos alunos por meio de questionamentos, observações relacionadas ao conteúdo estudado e ao cotidiano. Posteriormente, será sugerida a resolução de duas questões discursivas pelos alunos.

De acordo com Vygotsky, o indivíduo aprende quando inserido em um meio social (MOREIRA, 1999, p. 109), daí a importância da valorização dos relatos e questionamentos dos alunos durante esta atividade investigativa.

Por meio do relato escrito dos alunos durante a resolução das questões propostas objetiva-se a organização do conhecimento adquirido nesta fase, bem como sua correlação com o conteúdo apresentado nas atividades investigativas anteriores e nas situações cotidianas vivenciadas pelos alunos (SASSERON, 2017, p. 11-12).

Todos os momentos teóricos intermediários são ocasiões privilegiadas de promover a reconciliação integrativa com as temáticas gerais desenvolvidas em momentos anteriores (MOREIRA, 1999, p. 162; POZO, 1998, p. 217-220).

Fase 7 – Fotossíntese

Décima segunda atividade investigativa – jogo

Trata-se de um jogo denominado “Fotossíntese: Vamos quebrar a cabeça?” (Apêndice B, p. 172), envolvendo os conteúdos estudados no decorrer da SEI. O jogo objetiva consolidar o conhecimento adquirido durante as fases anteriores, assim sendo, tem congruência com o princípio de consolidação caracterizado por Ausubel (MOREIRA, 1999, p. 162). Nele os alunos são divididos em pequenos grupos e cada grupo recebe fichas que serão usadas para montar a equação geral da fotossíntese. Após concluir essa etapa cada grupo deve redigir um breve texto abordando os conteúdos estudados ao longo da SEI. Ganha o jogo o grupo que

cumprir o desafio em menos tempo, montar a equação corretamente e redigir texto relacionando os conceitos estudados na SEI de forma correta.

O jogo foi planejado mediante considerações expostas em um artigo publicado por Gomes e Messeder (2014) no qual os autores enfatizam o papel desta atividade e a consideram como um momento importante para os alunos exercitarem os conceitos científicos e as interações sociais/emocionais. Há de se ressaltar também a importância da escrita no desenvolvimento cognitivo dos alunos (CARVALHO et al., 2013, p. 13).

Décima terceira atividade investigativa – avaliação final/mapa conceitual

Concluindo a proposta do produto educacional, sugere-se a aplicação individual de uma avaliação final em forma de questionário (CARVALHO et al., 2013, p. 18) e a construção de mapa conceitual (MOREIRA, 2012, p. 5-9), ambicionando a sistematização do conhecimento (Apêndice B, p. 173). A proposta de atividades realizadas individualmente, vinculadas aos conteúdos expostos nas aulas, viabiliza a verificação da evolução do aprendizado (CARVALHO et al., 2013, p. 13).

O questionário final visa avaliar especificamente o conhecimento adquirido pelo aluno em relação aos temas expostos durante a aplicação da SEI. É composto por questões objetivas com opções de respostas que, possivelmente, direcionam o raciocínio dos alunos evidenciando os temas apresentados durante a proposta didática.

O mapa conceitual propõe uma avaliação mais abrangente do conhecimento adquirido pelo aluno ao possibilitar a organização subjetiva, por meio da escrita, do que foi apreendido no decorrer da aplicação da SEI, relacionando-o aos conhecimentos prévios, obtidos no cotidiano. A escrita realizada pode evidenciar os conceitos mais relevantes para o aluno e se o conhecimento foi apreendido da forma geral para a mais específica ou vice-versa. Também pode possibilitar a identificação da ampliação do vocabulário utilizado pelo aluno, bem como o uso de uma linguagem científica.

Diante do exposto, as atividades citadas anteriormente demonstram uma organização do conhecimento de forma sequencial e coerente pelo aluno, certificando o processo de aprendizagem. Tal fato vai de encontro com os princípios de reconciliação integrativa e consolidação descritos por Ausubel (MOREIRA, 1999, p. 162).

5 ANÁLISE DOS DADOS

Neste capítulo serão feitas as devidas interpretações dos dados da pesquisa à luz do referencial teórico apresentado no segundo capítulo, em função do objeto de pesquisa. Em primeiro lugar serão apresentadas as análises das entrevistas com os docentes selecionados: Júlia, Natali, Carlos, Cristiane, Enzo, Carla e Talita. Em seguida, será realizada uma análise das mesmas entrevistas, evidenciando as perguntas norteadoras (Apêndice A, p. 127), a fim de destacar os pontos convergentes entre os entrevistados para cada tema explicitado nas perguntas. Ao final deste capítulo, após a determinação das categorias de análise, será feito o confronto entre as categorias e o referencial teórico.

5.1 Análise das entrevistas por docente

Análise da entrevista com Júlia

1. Comentários Gerais

No início da entrevista a docente comentou sobre o ano de escolaridade a qual o produto seria aplicado citando que “a princípio achei que o material fosse para alunos do 9º ano do ensino fundamental”, ou seja, ao fazer uma leitura inicial do material não achou as atividades complexas. Entretanto, conforme a complexidade do material foi aumentando ela notou que deveria ser aplicado no 3º ano do ensino médio: “[..] ao chegar no conteúdo de função orgânica notei que o material foi proposto para ser aplicado no 3º ano do ensino médio”. A docente aborda os conteúdos na seguinte fala:

Júlia: “Porque começa com conteúdos mais gerais e depois vai aumentando o nível de dificuldade. Aí então dá para perceber que é para o terceiro ano. No começo é uma revisão dos conteúdos estudados nos anos anteriores e mais para o final passa a ser uma revisão do atual ano, do conteúdo estudado no terceiro ano mesmo.”

Além de abordar o nível de complexidade do produto e conteúdos a docente ainda citou que o produto é completo por possuir tanto experimento, que pode ser feito em casa, quanto imagens e esquemas, que são muito bem explicados, e disponibiliza *sites* que servem como fonte de pesquisa para os alunos. Para a docente “os vídeos estão ideais, porque eles são pequenos e explicativos” e “não é uma coisa maçante”.

Neste primeiro momento da entrevista, a docente ainda elogiou as questões de vestibular justificando que “sendo de vestibular o aluno já se interessa, principalmente no terceiro ano”. A respeito do simulador do *Phet* utilizado ela citou que não conhecia, mas que é uma nova tecnologia para os alunos utilizarem.

No momento seguinte a entrevistada questionou se o material didático seria impresso:

Júlia: “O produto foi feito para impressão?”

Entrevistadora: “Vamos disponibilizá-lo tanto impresso como em *pdf*. Como é um produto extenso, ele será aplicado ao longo de algumas semanas. E qualquer professor pode ‘pegar’ esse material da internet e aplicar em sala de aula.”

Júlia: “Entendi. Então, isso que eu ia sugerir. Porque o produto tem muita cor, então terão escolas que vão ter dificuldade para imprimir e tem algumas figuras no material que se forem impressas em preto e branco não ficaria tão legal. Uma das fotografias é a do CD.”

2. Caráter interdisciplinar

Ela pôs em destaque tal aspecto: “Consegui identificar o caráter interdisciplinar”, inicia ela, comentando sobre as disciplinas evidenciadas no material:

Júlia: “Algumas vezes conseguimos perceber que nessa hora está falando de tal matéria e que em outra está falando daquela matéria, só que quando você pega o conjunto você não sabe qual é o professor de qual disciplina que vai implementar este material. Porque ele não tende para nenhuma das três ciências, ele é bem interdisciplinar mesmo, dosou um pouquinho de cada disciplina.”

3. Ano de aplicação: terceiro ano do ensino médio

A respeito do ano de aplicação do material, a docente explicou que aplicá-lo no terceiro ano é coerente, visto que “quando a gente pensa em questões de vestibular a gente logo pensa no aluno de terceiro ano” e o material didático “está bem recheado de questões de vestibular”.

A docente ainda destaca que o conteúdo ‘funções orgânicas’ presente no material é, normalmente, ministrado no terceiro ano do ensino médio. Dessa forma, quando pedimos para que identifiquem as funções orgânicas de uma molécula “um aluno de primeiro ou segundo ano não vai saber, não vai saber nem o que é função orgânica”. Portanto, o material didático é “ideal para aplicar no terceiro ano por causa desses detalhes”.

4. Complexidade do material

Como apontado num primeiro momento, ela destaca que “o nível de dificuldade está ideal para o terceiro ano”, visto que “começa com uma revisão e vai progredindo”. Assim, o aluno do terceiro ano “com certeza vai ter uma noção dos conceitos que são abordados”.

5. Estrutura do material e recursos utilizados

Quanto à estrutura e recursos utilizados no material, a docente comentou: “amei o experimento da cromatografia. Achei que dá ‘pra’ fazer em casa”; “o experimento do CD que dá super ‘pra’ fazer em casa, é explicativo”; “essa da capa do CD [...] acho que é uma experiência legal, fácil, dá pros quatro colocarem a mão na massa” e “as questões de vestibular gostei muito”. Para ela os vídeos são “curtos, dinâmicos e explicativos”. De uma forma geral considerou que o material é bem completo.

6. Potencial para a aprendizagem dos conteúdos

Ao comentar sobre o potencial para a aprendizagem dos conteúdos, Júlia destacou a importância das atividades em grupo, visto que “todos os componentes do grupo eles conseguem visualizar e aprender com o outro”.

Além disso, comentou que o material “tem um potencial motivacional que pode ajudar os alunos na aprendizagem” e os *links* disponibilizados para consulta “facilitam muito o aprendizado”.

7. Potencial motivacional

Segundo a docente, o material é muito motivacional porque “abrange muitas coisas, ele tem experiência, ele tem tecnologia, tem vídeos, tem muitas coisas visuais”. Essa diversificação nas atividades estimula os alunos, “não deixa a desejar em nenhum aspecto” e “por ele ser interdisciplinar ele é bem motivacional”.

8. Aspectos positivos do ponto de vista do ensino

Ela destaca que “ele é muito positivo na questão interdisciplinar”, “não dá para saber qual professor vai aplicar esse material”.

9. Aspectos negativos do ponto de vista do ensino

Durante a entrevista a docente não apontou nenhum aspecto negativo do ponto de vista do ensino. Entretanto, ela comentou que talvez ele seja negativo para impressão, “por ter muitas fotos que talvez impressas em preto e branco não daria para enxergar”. Além disso, ela comentou que por ter muitos recursos e conseguir “alcançar vários tipos de alunos”, “alguns alunos talvez não gostem de alguma parte do material que não interessa a ele”.

10. Comentários finais

Ao fazer o comentário conclusivo a docente novamente comentou sobre o caráter interdisciplinar do material didático:

Júlia: “Ele é muito positivo na questão interdisciplinar. Como eu falei, não dá ‘pra’ saber qual professor vai aplicar esse material. Ele abrange o professor tanto de biologia, quanto de química, quanto de física. E, abrangendo essas três disciplinas, abrange um maior número de professores, então ele pode ser divulgado para um maior número de pessoas”.

Continua ela: “Dá para ver que ele foi bastante revisado, pesquisado”, “não encontrei erros de português, nem nada”. Sobre os recursos ela conclui: “abrange vários tipos de alunos com experiências, com questões, textos, vídeos, a tecnologia do simulador”. A docente ainda comenta sobre o tempo de aplicação do material: “e não é um material que se usa só uma vez, ele pode ser aplicado em várias aulas. Eu até pensei em ser aplicado em um bimestre porque tem potencial para isso”. A docente ainda comenta sobre o experimento: “colocando talvez uma experiência de sala de aula para o laboratório, como o da cromatografia dá para separar um dia para ir para o laboratório”.

Reafirma que “as questões são coerentes”, “não tem nada de absurdo, não excede o que está escrito”, justificando que o material didático “é coerente para o terceiro ano”.

Quadro 2 – Júlia

1. Comentários gerais	<ul style="list-style-type: none"> - Achou inicialmente que fosse um material para alunos do 9º ano do ensino fundamental. - À medida que a complexidade foi aumentando, percebeu que era para o 3º ano do ensino médio. - O produto é muito completo.
2. Caráter interdisciplinar	<ul style="list-style-type: none"> - Lendo o produto como um todo não sabe qual professor de qual disciplina vai implementar. - Acha que o material é bem interdisciplinar, dosou bem entre as disciplinas.
3. Ano de aplicação	<ul style="list-style-type: none"> - Terceiro ano é coerente. - Os conteúdos de funções orgânicas normalmente são ministrados no terceiro ano.
4. Complexidade do material	<ul style="list-style-type: none"> - O nível de dificuldade está ideal para o terceiro ano, apesar de depender do nível da escola e do aluno.
5. Recursos e utilização didática	<ul style="list-style-type: none"> - Destaque para o experimento da cromatografia, porque os alunos conseguem fazer com materiais de casa. - Os vídeos estão ideais, porque são ‘pequenos’ e explicativos. Não são maçantes. - Tecnologia do simulador <i>Phet</i>.
6. Potencial para a aprendizagem	<ul style="list-style-type: none"> - Gostou muito das questões de vestibular. - Achou que o potencial motivacional que ele possui pode ajudar os alunos na aprendizagem. - As atividades em grupo ajudam na aprendizagem.
7. Potencial motivacional	<ul style="list-style-type: none"> - Por abranger muitos recursos: experimento, tecnologia e vídeo, alcança vários tipos de alunos. - Por ser interdisciplinar é motivacional.
8. Aspectos positivos	<ul style="list-style-type: none"> - A interdisciplinaridade é um ponto positivo. - É um ótimo material de consulta.
9. Aspectos negativos	<ul style="list-style-type: none"> - O produto tem muita ‘cor’, algumas escolas podem ter dificuldade na hora de imprimir.
10. Comentários finais	<ul style="list-style-type: none"> - Abrange tanto o professor de biologia, quanto o de física e de química. - Notou que o material foi bem revisado e pesquisado; sem erros de português. - Alcança vários tipos de alunos por possuir: experimentos, questões (coerentes), textos, vídeos, simulador (tecnologia). - Tem potencial para ser aplicado em um bimestre, em várias aulas. - Os experimentos podem ser feitos tanto em sala de aula, quanto no laboratório. - As questões são compatíveis com os textos.

Fonte: Elaboração própria

Análise da entrevista com Natali

1. Comentários Gerais

A docente inicia suas colocações apontando que “de uma forma geral já conhecia o material” e que percebeu “muito potencial neste material didático”. No entanto, algumas dúvidas surgiram à medida que foi analisando-o:

Natali: “Porém, fiquei com algumas dúvidas: se esse material é orientado/direcionado para o aluno ou se ele é direcionado para auxílio/suporte do professor, visto que no início dele não teria, pelo menos não me foi fornecido, nenhuma instrução quanto a isso.”

A docente segue suas colocações afirmando que:

Natali: “Mas o material é bem diversificado, ele possui diversas fases progressivas que se intercalam entre si para que o aluno consiga construir, elaborar hipóteses, pensar um pouco sobre alguns conhecimentos prévios e relacionar aos novos conhecimentos que estão sendo produzidos a partir de experimentos, a partir de observações, a partir das próprias aulas interativas, de aulas discursivas que estão sendo propostas no material. Então, percebo que tem uma diversidade de estratégias ao longo de um processo que ocorre em diversas fases.”

Buscando esclarecer a dúvida da docente, a entrevistadora intervém afirmando que “esse material específico que enviamos é voltado para o aluno, depois terá um novo material com algumas sugestões/adaptações para o professor”. Em seguida, a docente questiona:

Natali: “E como você está pensando? Se é um material do aluno são várias páginas. Nessas aplicações você está pensando em dar tipo um livrinho ‘pra’ esse aluno ou ir dando esse material aos poucos de acordo com as intervenções?”

Entrevistadora: “Aos poucos. Por exemplo, esse material foi planejado para ser aplicado em algumas semanas ou até mais, dependendo do ritmo da turma. Então, no primeiro momento, no primeiro contato, eu iria imprimir ou salvar em *pdf* em um arquivo separado a parte do questionário inicial, da problematização e iria disponibilizar aos alunos. Até para gerar uma expectativa neles do que irá acontecer na próxima aula, qual será a próxima atividade. Então, ele vai ser fracionado de acordo com as aulas.”

Natali: “Ótimo, ótimo. São dúvidas mesmo sabe, que surgiram ao longo da leitura e eu fiquei pensando na aplicação mesmo.”

2. Caráter interdisciplinar

A docente acredita que o material didático “apresenta um caráter interdisciplinar”, já que “traz de uma forma integrada conceitos de física, conceitos de química, conceitos de biologia”. Destaca ainda que esses conceitos “são progressivos, são adicionados aos poucos

para o aluno”. A docente comenta que a interdisciplinaridade é apresentada para o aluno “como algo que não pode ser separado, de acordo com a temática do trabalho que é a fotossíntese em si”. Completa explicando que para “entender todo o processo o aluno precisa de todo suporte da parte da biologia, da parte da química e da parte da física”.

Em seguida, a docente comenta que “as estratégias que são sugeridas, tanto a parte experimental, quanto a parte teórica, eu acho que dá um bom subsídio para a interdisciplinaridade.”

3. Ano de aplicação: terceiro ano do ensino médio

Em relação ao ano de escolaridade a qual o material didático será aplicado, a docente afirma que “esse é um aspecto positivo”, visto que:

Natali: “[...] o aluno do terceiro ano do ensino médio já tem diversos conceitos estruturados, de parte matemática, de parte física, de conceitos físicos, conceitos biológicos, conceitos químicos. E, esses conceitos envolvendo a SEI proposta no trabalho precisam ser aprimorados pelo aluno. Então, tem muitos conceitos aí, parte de reações químicas, parte de eventos de transformações de energia, energia física para energia química, energia biológica. Então, todos esses processos precisam ser muito bem entendidos, compreendidos pelo aluno. Porque esse aluno do terceiro ano é um aluno que, acredita-se né, que ele tem uma maior bagagem de integrar todos esses conhecimentos para poder concretizar esse aprendizado para o tema da fotossíntese.”

Diante do exposto, a docente conclui que “é viável ‘pro’ aluno do terceiro ano fazer todas as conexões, assimilar todas as propostas”, visto que os conteúdos que são mais complexos como “as reações da fotossíntese, a etapa clara, a etapa escura”, são acessíveis para alunos do terceiro ano. Além disso, destaca que os alunos conseguem “executar” e “aprimorar” todos esses conceitos por meio “da SEI proposta”.

4. Complexidade do material

Quanto ao nível de dificuldade, Natali menciona a BNCC e os currículos mínimos do ensino médio ao comentar que “eles valorizam, eles falam ‘pra’ gente trabalhar determinados conhecimentos, principalmente a fotossíntese”. No entanto, temos dificuldade com o nível de dificuldade, se os conteúdos “estariam tão mais complexos do que o aluno seria capaz de compreender ou estaria no nível ‘pro’ ensino médio”. Segundo a docente, acabamos “numa dualidade, se perguntando: ‘será que eu tenho que dar somente o básico pro meu aluno no

ensino médio, se ele pode ser capaz de avançar e conhecer um pouco mais”. E, quando comparamos com o ensino particular, cursinhos e até o próprio ENEM percebemos que:

Natali: “muitos desses conceitos são muito cobrados, são muito exigidos dos nossos alunos e acredito que a gente tenha, realmente, que consolidar esse aprendizado, esses conceitos mais aprofundados para nosso aluno de ensino médio, para que ele possa, realmente, avançar nos seus estudos. Então, acredito que esteja ao nível do ensino médio sim”.

Natali segue sua fala comentando que “o tempo é uma barreira”, “dar conta do conteúdo daquele ano em determinado tempo é uma ‘briga’ que muitos professores sofrem ao longo do ano letivo”. A docente acredita que “os conceitos e as disciplinas” precisam se integrar e que a SEI proposta “utiliza vários conhecimentos da química, vários conhecimentos da física, vários conhecimentos da biologia”. E, se os professores trabalhassem “de uma forma unificada, otimizaria o tempo” de aplicação porque “ao mesmo tempo que um aluno estaria vendo o tema da fotossíntese lá na aula de física, estaria vendo o tema fotossíntese na aula de biologia, de uma forma integrada”. Assim, “o que demoraria a sua sequência em dois meses, isso reduziria muito, né” e “ia ser muito bem trabalhado”.

5. Estrutura do material e recursos utilizados

Segundo a docente, “a estrutura está boa”, mas “tem alguns probleminhas técnicos” e “algumas sugestões para melhorar um pouco a entrega desse material para o aluno” que ela relatará ao final da entrevista.

A docente destaca que o material “é diversificado” e que isso é uma vantagem. Elogia o material ao falar que gostou muito “de utilizar experimentos, utilizar um simulador” e “aprimorar alguns conhecimentos dos alunos, apesar de esbarrar na necessidade de equipamentos, necessidade de internet para utilizar os simuladores”.

Para Natali “é uma proposta viável”, o material possui “uma diversidade de metodologias” e várias formas “de usar a investigação”, seja “a partir de um problema, a partir de um experimento, a partir de um simulador”. Assim, o aluno pode estar “sempre interagindo e sendo protagonista desse aprendizado”.

6. Potencial para a aprendizagem dos conteúdos

Ao comentar sobre o potencial do material para a aprendizagem dos conteúdos a docente reforça “que o material tem um grande potencial para estimular os alunos a estudarem e verificarem como os conhecimentos científicos são importantes para seu dia a dia”. Segundo ela, “o material tem diversos momentos que trazem o tema ‘pro’ cotidiano do aluno” como, por exemplo, “o uso de placas solares”. Para ela isso “é uma vantagem”, “porque ilustra ‘pro’ aluno diversos momentos que ele está vivenciando em seu dia a dia” e esse conhecimento “é importante e é associado ao seu cotidiano”.

Diante de tal fato, a docente acredita que “o material tem grande potencial para poder estimular o aluno e para que ele avance no seu conhecimento. Não só da fotossíntese, mas entender os processos de transformação de energia e relacionar a importância de todas as energias para seu dia a dia, de uma forma geral”.

7. Potencial motivacional

Quanto ao potencial motivacional, a docente salienta que o material possui diversos pontos “de motivação para o estudante”. Dentre eles, enfatiza:

Natali: “Como eu disse, ele atrela o conhecimento ao cotidiano do aluno. Ele traz questões reflexivas que são questões que envolvem o avanço desse aluno para outro nível de ensino, que são questões de vestibular. Então, tudo isso eu acredito que motiva o aluno a querer saber um pouco mais. Além disso, os experimentos também são vantajosos para estimular o aluno no aprendizado. O simulador proposto, os debates também são importantes para que esse aluno também possa ficar mais motivado.”

A docente segue suas colocações fazendo algumas sugestões:

Natali: “Acho que em alguns momentos essa aula dialogada [...] ouvir o aluno. Esse diálogo com o aluno, conhecer e ver o que o aluno conhece. Acho isso extremamente importante para que o aluno se sinta mais motivado para que a gente possa reconhecer o que o aluno sabe. Reconhecer o que o aluno conhece para que ele possa avançar um pouco mais.”

Assim, a docente conclui: “Acho que esse é um dos pontos positivos do seu produto”.

8. Aspectos positivos do ponto de vista do ensino

Ao longo da entrevista a docente destacou diversos pontos positivos do material. Para ela as atividades em grupo “são extremamente importantes”, porque o aluno “pode trabalhar de uma forma colaborativa com os colegas”. Essas atividades “priorizam tentativas e erros e

trocas de experiências”. Segundo Natali, “a equidade do grupo, as discussões promovidas nos grupos são vantajosas para o aprendizado do aluno”, para que “cada um possa trocar conhecimentos e aprimorar, para que todo mundo avance naquele determinado desafio. Naquela determinada tarefa que a atividade coletiva se propõe.”

Do ponto de vista do ensino, a docente destaca que um dos pontos positivos da proposta didática “é colocar o aluno como protagonista”, visto que “as atividades investigativas priorizam que o aluno busque e reflita sobre as tarefas e seja motivado para alcançar o aprendizado”. A docente salienta que as SEIs “priorizam que o aluno consiga consolidar uma determinada fase para avançar para a próxima fase” e “essa organização e todas as proposições que a própria SEI se propõe, as atividades que cutucam os alunos, colocam os alunos para pensar. Tudo isso coloca o aluno no centro do processo de aprendizagem”. Diante do exposto, a docente reafirma que “em vários momentos a SEI do produto educacional apresentado se propôs a fazer isso”.

9. Aspectos negativos do ponto de vista do ensino

A docente destacou “o tempo” como um aspecto negativo do material didático. Já que “por ser muito longo a gente fica muito preocupado com o engajamento dos alunos para desenvolver determinadas tarefas”. Ela explica que:

Natali: “[...] a gente percebe que também o aluno do terceiro ano também é acelerado. Ele também quer aprender tudo muito rápido. Ele quer aquelas aulas de concurso, que é a decoreba. E quer o conceito pronto. E essa longevidade, as atividades serem muito longas, serem com tempo programado. E a necessidade dele avançar, concluir a primeira fase para ir para próxima, para ir para próxima. Pode ser um ponto negativo.

No entanto, a docente comenta que esse “é um fator que tem dualidade”, pois, “apesar do aluno poder ficar desmotivado. Se ele realmente aprender após todas as fases, ele vai levar tudo isso para a vida dele. Segundo ela, o aluno “vai poder aplicar muito mais fácil do que simplesmente decorar, fazer a prova e simplesmente esquecer”.

10. Comentários finais

Para finalizar a entrevista, Natali foi questionada sobre suas dúvidas, se havia algo a mais para ser esclarecido. Segundo ela, a principal dúvida: se o material era para os alunos ou professor já havia sido esclarecida. Um questionamento que a inquietou foi a respeito da

aplicação do produto. Se este seria disponibilizado “aos alunos, para que tudo isso melhore a educação de uma forma geral” e se “todos os professores, de qualquer área, eles estariam aptos a aplicar o produto” ou se “precisaria de uma atualização”. Tendo em vista esses questionamentos por parte da docente, a entrevistadora respondeu que “o produto vai ser aplicado futuramente em sala de aula” e será “disponibilizado para que outros professores também o apliquem”. Além disso, a entrevistadora comentou que a aplicação depende do professor e que ele pode optar por aplicar o produto sozinho ou em forma de projeto, fazendo parceria com outros docentes.

Após esclarecimento das dúvidas, a docente comentou que o material proposto “só tem ponto positivo” e possui várias estratégias “que estimulam a gente a sair do tradicional”. Haja vista que os docentes estão “acostumados a realmente seguir o livro didático, em determinada ordem cronológica do conteúdo”. Natali conclui sua fala afirmando que “o produto se mostra integrado e alguns temas podem estar temporalmente distantes lá no ensino médio, ao longo do ano letivo, mas todos eles, juntos, fazem muito sentido”.

Quadro 3 – Natali

<p>1. Comentários gerais</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Percebeu muito potencial no material didático. - É bem diversificado e possui diversas fases progressivas. - Permite ao aluno construir, elaborar hipóteses, pensar acerca dos conhecimentos prévios e relacioná-los aos novos conhecimentos. - Possui aulas interativas e uma diversidade de estratégias.
<p>2. Caráter interdisciplinar</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Acredita que o material apresenta um caráter interdisciplinar, pois traz de forma integrada conceitos de química, física e biologia. - Destaca que as estratégias sugeridas dão um bom subsídio para a interdisciplinaridade.
<p>3. Ano de aplicação</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Aplicar no terceiro ano do ensino médio é um aspecto positivo. - É um material viável para o aluno de terceiro ano.
<p>4. Complexidade do material</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Acredita que o material esteja ao nível do ensino médio. - Acha que os conteúdos expostos são muito cobrados tanto no ENEM, quanto em cursinhos.
<p>5. Recursos e utilização didática</p>	<ul style="list-style-type: none"> - A estrutura está muito boa, mas possui alguns problemas técnicos. - O material é bem diversificado. Gostou muito dos experimentos, do simulador. É uma proposta viável.
<p>6. Potencial para a aprendizagem</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Reforça que o material tem grande potencial para estimular os alunos a estudarem. - Traz temas do cotidiano do aluno como o uso de placas solares. E isso é uma vantagem. - Acredita que o material estimula o aluno e fazer com que ele avance no seu conhecimento.
<p>7. Potencial motivacional</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Tem diversos pontos de motivação. - Atrela o conhecimento ao cotidiano do aluno e traz questões reflexivas. - Os experimentos e simulador também estimulam o aprendizado. - A aula dialogada, ouvir o aluno também motiva o aprendizado.
<p>8. Aspectos positivos</p>	<ul style="list-style-type: none"> - As atividades em grupo são extremamente importantes e vantajosas para o aprendizado. - O material coloca o aluno como protagonista e as atividades investigativas os motivam a alcançar o aprendizado. - Acredita que a SEI proposta coloca o aluno no centro do processo de aprendizagem.
<p>9. Aspectos negativos</p>	<ul style="list-style-type: none"> - O tempo pode ser um ponto negativo, a necessidade de o aluno concluir uma fase para ir para a próxima pode ser um ponto negativo.
<p>10. Comentários finais</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Acha que só tem ponto positivo e as estratégias estimulam a sair do tradicional. - Acredita que o material se mostra integrado e que os conceitos juntos fazem muito sentido.

Fonte: Elaboração própria

Análise da entrevista com Carlos

1. Comentários Gerais

Carlos inicia a entrevista comentando que fez “uma leitura inicial do produto, só fazendo um olhar mais da parte estrutural”. Em seguida, aponta que o material “está bem organizado”, mas sentiu dificuldade por não achar “o tempo da aula, em quanto tempo vai ser aplicado o produto”, haja vista que “trata-se de conteúdos muito ‘grandes’”.

O docente continua suas observações comentando sobre a “parte interdisciplinar”, pois durante sua graduação e projetos realizados na escola em que trabalha utilizou a interdisciplinaridade. Entretanto, durante suas experiências interdisciplinares notou que: “normalmente, as três áreas não conseguem ‘conversar’ entre si, fica muito distante uma coisa da outra. E, aqui no seu produto, o que eu valorizei muito foi essa questão da conversa entre as disciplinas”. O docente explica que “um leitor leigo, ele não sabe identificar qual é a parte de física, qual é a parte de química e qual é a parte de biologia”. Porque todo o produto traz o questionamento “de forma interdisciplinar”. Segundo ele, a questão interdisciplinar é o que mais “valorizaria do produto”.

Além disso, comentou que “quando se fala em fotossíntese, normalmente a pessoa só pensa na planta capturando luz”, “não consegue olhar com esse ‘olhar tão profundo’ e entender que tantas coisas podem ser estudadas e abordadas dentro do contexto fotossíntese”.

Segue suas colocações apontando que “o produto é dividido em fases” e que fez “uma anotação referente a cada fase”. O docente analisa que as fases “não são extensas”, que cada uma “traz um questionamento, ou seja, sempre que você termina uma fase você consegue remeter se houve algum aprendizado naquele momento que você estudou determinado tema”. Carlos conclui dizendo que achou tal fato “importante” e que as fases trouxeram “todos os tipos de aproveitamento pedagógico” por trazerem “experimento”, “questionário” e, ao final, “o mapa [mapa conceitual]”.

2. Caráter interdisciplinar

Carlos comentou sobre este aspecto no item anterior, no decorrer de suas colocações iniciais. De forma geral, acha esse diálogo entre as disciplinas importante e destaca que é um dos pontos que mais valoriza o material didático apresentado.

3. Ano de aplicação: terceiro ano do ensino médio

Quanto ao ano de aplicação, o docente comenta que fez uma “análise sobre o currículo do Espírito Santo”, porque o currículo deste Estado “é diferente”, “ele é dividido em trimestres: primeiro, segundo e terceiro trimestres”. Segundo sua análise, “no terceiro trimestre não vê essa parte”. Diante de tal fato, o docente sugere que o material didático “poderia ser aplicado em forma de projeto”. E, ele acha que os alunos do terceiro ano do ensino médio deveriam “ter um contato com um projeto desse nível” e que isso “seria muita vantagem” para eles.

O docente sugere que o produto educacional seja disponibilizado nas escolas e que os alunos “poderiam fazer esse projeto no contraturno, poderia separar uma aula para fazer e poderia dividir as atividades para casa”. Para Carlos, poderia ser entregue aos alunos uma lista com os materiais dos experimentos para que eles trouxessem de casa.

Segundo o docente, “o projeto tem todo o aspecto para ser aplicado no terceiro ano”. Ele só não sabe se o conteúdo “conversaria com a disciplina do trimestre”, “se no terceiro trimestre a fotossíntese vai de encontro”, pois não tem certeza se a “biologia trabalha esse tema no Espírito Santo” neste ano de escolaridade.

4. Complexidade do material

O docente não comentou sobre esse aspecto, mas disse no momento seguinte que é “claro” e “objetivo”.

5. Estrutura do material e recursos utilizados

O docente reitera que o material didático está “dividido em fases” e que a simulação presente na oitava fase “é uma atividade investigativa”. Comenta que os simuladores do *Phet* são “muito didáticos, porque eles conseguem trazer uma visão de realidade que, normalmente, em sala de aula você não consegue no quadro”. Sugere ainda que o *Phet* “deveria ser mais usado”.

A respeito do jogo presente “na fase sete”, o docente comenta que “achou difícil”, mas é “importante” porque a equação geral da fotossíntese “é uma das mais essenciais dentro do estudo da fotossíntese”, visto que “transmite diversos conceitos”. De forma geral, Carlos achou esse jogo “bem interessante”.

Outro comentário do docente a respeito dos recursos utilizados foi que o material “trouxe uma realidade local”. E ele gostou da “situação-problema sobre São João da Barra”, por ser um município conhecido tanto em Campos dos Goytacazes-RJ, quanto no Espírito Santo. Frisou ser “interessante” que o material “trouxe uma realidade local”.

Sobre os temas, o docente comenta que “todos eram de uma linguagem bem clara” e “todos traziam conceitos iniciais”. Segundo ele, o material está claro e objetivo.

Outro ponto destacado pelo docente e que ele achou “interessante no material didático” foi as referências estarem todas em notas de rodapé. Assim, “a gente sabe que o material é referenciado” e ficou “visualmente bom”.

Carlos destaca ainda a “história dos pigmentos fotossintetizantes” sobre as “cores das folhas”. “Você trouxe uma história legal”, comenta ele, “você citou um jovem chamado Pedro” e “quando você dá personagens à história, ela se torna mais verídica, né. Quando você consegue estruturar ela com personagens”.

Quanto ao roteiro do experimento, o docente afirma que está “claro e fácil e as questões acerca da análise do experimento também são acessíveis. Quem lê o roteiro e faz o experimento vai conseguir fazer as questões”.

Após comentar sobre o potencial do material para a aprendizagem dos conteúdos (tópico 6), Carlos lembra de um outro recurso utilizado que gostaria de comentar: “E, outro detalhe sobre o material também que eu queria falar, que eu anotei aqui, é sobre a questão do mapa conceitual”. Então, antes de iniciar suas colocações a respeito do potencial motivacional (tópico 7), comenta sobre a utilização do mapa conceitual.

O docente menciona que uma das atividades propostas é “a elaboração do mapa conceitual” e demonstra certa inquietação porque o material didático “não explica como eles vão estar depois demonstrando esse mapa conceitual”, tendo em vista que “o mapa conceitual não é autoexplicativo”. De acordo com Carlos:

Carlos: “Ele pode ter diversas ramificações e depois, cada um, pode ter uma leitura diferenciada. Claro que, se você fizer uma análise à base de referenciais teóricos que estudam sobre o mapa conceitual. Existe mapa conceitual em ramificação, linear. Diversos tipos. E esses mapas têm significado. Só que o ideal é que o aluno viesse a expor isso. E você não fala em momento algum no material se ele vai expor depois o mapa. Ou se o professor vai fazer uma análise sozinho. Eu acho que depois é até bom. Não sei se no seu referencial teórico da sua dissertação você fala sobre isso, sobre a análise de mapas, né.”

Carlos continua sua fala destacando que, caso seja necessário, pode passar para a entrevistadora “os teóricos que falam sobre análise de mapa”, pois os utilizou como base no seu trabalho de conclusão de curso.

6. Potencial para a aprendizagem dos conteúdos

Carlos inicia suas observações acerca do potencial que o material possui para a aprendizagem dos conteúdos reafirmando que “o material tem um potencial muito grande”. “Como eu te falei, ele traz uma estrutura. Não é uma estrutura linear, né. Como se você estivesse falando de raiz e você pula para folha de repente”, continua ele. Para o docente:

Carlos: “De uma fase para outra se você não lia no tema que estava mudando de fase, você acha que continua no mesmo contexto. E isso torna o material menos cansativo. Porque você não fica preocupado em estar no tópico x ou no tópico y. Você está preocupado em entender os conceitos propostos. Então, acho que isso é o que influencia muito no seu material.”

7. Potencial motivacional

Inicia suas colocações dizendo que “cada fase traz uma atividade” e que ele achou isso importante porque já analisou outros materiais que apresentam “diversos conceitos e no final tem um questionário que remete a todos”. Carlos comenta que acha esse lado motivacional interessante. E, depois de ver o contexto, “por exemplo: você fez o experimento e logo em seguida faz um comentário ou você faz um questionário a respeito daquele experimento” e isso “te motiva na hora, se deixar para depois eu acho que acaba não dando muita expectativa para o aluno”.

Para o docente, essa parte “ficou ideal no seu produto”, porque traz um questionamento logo após cada etapa. “Acho que o material é motivacional neste ponto”, pondera.

Outro ponto que o docente destaca como motivacional e interessante “é a questão do CD”, “eu nunca tinha parado para analisar que a capa do CD tinha essa relação, eu fui até pesquisar e achei interessante”. Continua ele: “como que algo [...] né, que já está a tanto tempo, um CD já antigo. E você consegue através dele trazer um estudo de cores de forma, assim, espetacular”, “foi uma ‘sacada de mestre”.

Ainda sobre o potencial motivacional do produto, o docente comenta sobre as atividades realizadas em grupo:

Carlos: “Quando você faz um trabalho totalmente individual, [...] fica difícil até para você corrigir. E, se for um trabalho de pesquisa, de fazer a análise. Então, eu acho que a importância do trabalho em grupo não é generalizar o conhecimento, mas compactar. Eu acho que é importante. E no trabalho em grupo você não estimula só o desejo pelo aprendizado, você estimula também o trabalho em equipe. [...] Trabalhar em equipe não é

fácil. Então, se o estímulo começar na escola, quando ele vier ao mercado de trabalho já vai ter alguma facilidade.”

8. Aspectos positivos do ponto de vista do ensino

Segundo o docente, “do ponto de vista do ensino, um ponto positivo que eu diria é que ele é um trabalho que, apesar de compor quarenta e uma páginas, é um trabalho que não é cansativo”, “porque ele traz um conceito pequeno de fotossíntese e ele abrange diversos outros conceitos”. Continua suas observações dizendo:

Carlos: “Então, se hoje eu fosse falar com um aluno: ‘Vamos estudar fotossíntese’. Ele iria pensar que seriam quinze minutos de aula. Quando eu entregar para ele um material de quarenta e uma páginas ele vai falar: ‘Mas tudo isso é fotossíntese?’. Então, acho que isso é o ponto principal do material. É o tamanho que o tema consegue abranger.”

9. Aspectos negativos do ponto de vista do ensino

Para Carlos, o aspecto negativo destacado por ele está mais para uma sugestão do que para um ponto negativo de fato. Ele comenta que sentiu falta “de no final do material todo ter uma revisão”. Pois, mesmo que ao final de cada etapa tenha uma atividade, ele gostaria que “no final tivesse uma atividade que, de uma certa forma, conseguisse contemplar todo o trabalho”.

O docente não soube explicar ao certo “se seria uma síntese do trabalho” ou “por se tratar de um trabalho de pesquisa não seria viável”. No entanto, acha “que numa sala de aula teria vantagem que no final tivesse um trabalho de revisão”. Este trabalho “poderia ser um vídeo ou talvez pedir que eles fizessem algum exercício”. Ele destaca que sentiu falta “de um trabalho de revisão no final”. E, fora isso, “não tem nada de negativo não”.

10. Comentários finais

Carlos inicia suas colocações finais parabenizando a entrevistadora pelo material didático, porque “escrever um trabalho não é fácil. Ainda mais planejar um trabalho que não vai ser só você quem irá aplicar”. Menciona ainda as mudanças que ocorreram devido a pandemia que estamos vivenciando:

Carlos: “Em virtude da pandemia tudo mudou. Eu sei que inicialmente você planejava escrever um trabalho que você ia aplicar, você ia analisar. Você tinha um olhar seu. Quando

you parte do momento que you vai desenvolver um trabalho que outros professores, outros educadores vo aplicar, you não pode pensar somente no 'eu'. You tem que pensar num todo.

Para o docente, o material conseguiu atingir isso, "porque quando you disponibiliza um material que outro professor vai aplicar, o material tem que ser autodidtico". "Na verdade, a gente fala autodidata, mas a gente  sempre acompanhado de algum referencial", observa ele.

Segundo ele, o material didático apresentado "consegue fazer isso porque qualquer professor", seja "da área de biologia, de química ou de física, com esse aporte teórico na mão" e com "uma análise prévia conseguiria aplicar", tanto de uma forma "comum", como uma atividade, quanto usar o material como um trabalho de pesquisa. O docente finaliza suas colocaes reafirmando "que o ponto crucial do trabalho"  que ele "pode ser aplicado por outros professores sem dificuldades".

Quadro 4 – Carlos

<p>1. Comentários gerais</p>	<p>- O material está bem organizado, mas sentiu falta do tempo de aplicação do produto.</p> <p>- Valoriza a conversa entre as disciplinas, pois um leitor leigo não conseguiria identificar qual parte pertence a determinada matéria. A interdisciplinaridade valoriza o produto.</p> <p>- As fases não são extensas e sempre trazem momentos de reflexão para verificar o aprendizado.</p> <p>- O material trouxe vários tipos de aproveitamento pedagógico: experimentos, questionários, mapas e simulação.</p>
<p>2. Caráter interdisciplinar</p>	<p>- As três áreas conseguem conversar entre si.</p>
<p>3. Ano de aplicação</p>	<p>- Acredita que é viável para o terceiro ano do ensino médio, mas não sabe em qual ano este conteúdo é estudado no estado do Espírito Santo.</p> <p>- Acha que o produto pode ser aplicado em forma de projeto.</p>
<p>4. Complexidade do material</p>	<p>- Não comentou sobre esse aspecto.</p>
<p>5. Recursos e utilização didática</p>	<p>- Está dividido em fases e propõe atividades investigativas.</p> <p>- Acredita que o simulador é muito didático e que o jogo, apesar de difícil, é importante e interessante.</p> <p>- Acredita que é interessante abordar a realidade local.</p> <p>- Todos os conteúdos tiveram uma linguagem clara e objetiva.</p> <p>- Achou que ficou bom, visualmente, o fato de a referência estar na nota de rodapé.</p> <p>- Achou legal a história sobre os pigmentos fotossintetizantes e o fato de ter personagem. O roteiro do experimento claro e fácil e as questões acessíveis.</p>
<p>6. Potencial para a aprendizagem</p>	<p>- Acredita que o material tem um potencial muito grande.</p> <p>- Reforça que a estrutura linear torna o material menos cansativo.</p> <p>- As atividades em grupo estimulam o aprendizado e o trabalho em equipe.</p>
<p>7. Potencial motivacional</p>	<p>- Tem um lado motivacional porque ao final de cada atividade traz um questionamento.</p> <p>- Os questionamentos dão muita expectativa para o aluno.</p> <p>- Relacionar a capa do CD com a fotossíntese foi interessante e motivacional.</p>
<p>8. Aspectos positivos</p>	<p>- Não é cansativo.</p> <p>- Abrange diversos outros conceitos.</p>
<p>9. Aspectos negativos</p>	<p>- Poderia ter uma revisão/síntese do trabalho ao final do material.</p>
<p>10. Comentários finais</p>	<p>- O material pode ser aplicado por outros professores sem dificuldades.</p>

Fonte: Elaboração própria

Análise da entrevista com Cristiane

1. Comentários Gerais

Em relação ao material didático apresentado, Cristiane inicia suas observações relatando que trabalhou “durante muito tempo com isso em sala de aula” e que gostou muito por ser dentro do que acha “que tem ser mesmo”. A docente relata que os alunos “precisam dessa prática para ‘despertar’ curiosidade, para ‘despertar’ a vontade da investigação”, visto que “os alunos de hoje não são muito curiosos. Pelo menos, os meus da rede pública, não têm muito interesse em aprendizagem”.

Cristiane continua sua fala contando um pouco da sua experiência:

Cristiane: “E, eu percebi que depois que eu comecei a levar essa prática para a sala de aula, depois disso, eu tive”. [...] Porque tanto dei aula no laboratório de ciências. Já aposentei ano passado e depois que eu passei a levar o laboratório de ciências para a sala de aula com os pequenininhos. Comecei a fazer algumas práticas também no pátio da escola de ensino médio quando não tinha laboratório. Mas, a escola comprou vidrarias [...] e eu passei a desenvolver no pátio da escola mesmo alguns experimentos ou sala de aula. Alguns podem ser em sala de aulas porque não tem gases.”

Com essas experiências a docente começou a notar “que vários alunos passaram também a procurar a faculdade nesse ramo de química [...], de física”. Segundo ela, os alunos gostavam das atividades práticas” e isso a motivou a trabalhar com isso na monografia, cujo tema foi: “da teoria à prática” e tentar levar mais “a prática para a sala de aula”.

2. Caráter interdisciplinar

Quanto ao caráter interdisciplinar, a docente comenta que “é muito importante, porque isso mostra para o aluno que as coisas têm conexão”. Relata ainda que os alunos “acham que a química, a física e a biologia estão muito distantes da vida deles.” Segundo a docente, ela procura levar “essa conexão de conhecimento” para a sala de aula, para que os alunos possam conhecer “um pouquinho de tudo, para poder você ter no seu dia a dia”.

A docente comenta que gostou muito do material, “porque tem química, física e biologia”. Apesar de não gostar muito de física e ter tido dificuldades nessa disciplina durante a faculdade.

3. Ano de aplicação: terceiro ano do ensino médio

De acordo com Cristiane, “para trabalhar no terceiro ano eu acho que ele está excelente”. Apesar de, segundo ela, estar um pouco complexo para alunos de escola pública, “mas acho que eles conseguiriam com a orientação do professor [...] eu acho que eles conseguiriam desenvolver sim”. A docente destaca que seu ponto de vista se baseia na experiência com seus “alunos que são de interior”.

4. Complexidade do material

A docente destaca que o material, “para escola pública, realmente está um pouco complexo”.

5. Estrutura do material e recursos utilizados

Em relação aos recursos, a docente comenta que já trabalhou com mapa conceitual e que este recurso funciona em sala de aula.

6. Potencial para a aprendizagem dos conteúdos

Segundo a docente, foi abordado “tudo o que podia com o tema central, como o que é a fotossíntese. Para ela “ali não faltou nada”, “o material está ‘riquíssimo’”, pois “ao término de todas aquelas práticas, de todos aqueles questionamentos, ao término daquilo eles vão estar sabendo muito além do que tem ali, muito além do que você está perguntando”.

7. Potencial motivacional

Para a docente: “ali é toda uma motivação”, visto que o material apresenta “uma coisa que está no cotidiano deles, que está presente na vida deles”. Comenta ainda que o arco-íris é algo que eles observam no dia a dia e que “fotossíntese também está presente na vida deles”. Continua suas observações dizendo que o material didático “buscou coisas que estão muito presentes na vida deles e isso vai ‘despertar’ a curiosidade deles”.

De forma geral, a Cristiane comenta que “a motivação ali é extraordinária, foi muito bom, seu material está muito bom”.

8. Aspectos positivos do ponto de vista do ensino

Dentre os aspectos positivos, a docente destaca o experimento e a interdisciplinaridade.

9. Aspectos negativos do ponto de vista do ensino

Um aspecto negativo apontado pela docente é a quantidade de textos da parte teórica, comentando que “diminuiria um pouquinho mais a parte teórica”, pois com base nos seus alunos, “eles vão ter preguiça de ler”. Comenta ainda que para ela “o único aspecto, assim, que eu achei que os meus alunos não iriam gostar é a parte teórica. O restante eu gostei muito”.

10. Comentários finais

A docente inicia sua fala comentando que o ponto principal do material didático “foi levar o aluno à investigação” e “com essa investigação ele vai aprender muito mais do que o que você está pedindo ali”. Para ela, o aluno “vai aprender sem perceber, o que é mais importante, porque o aluno tem preguiça de aprender”. A docente reforça que seus comentários são feitos com base no comportamento dos seus alunos. Cristiane continua sua fala: “você fez uma dinâmica com os experimentos que eles vão aprender sem saber que estão aprendendo muito mais do que tem ali”.

Outro ponto abordado pela docente foi a interdisciplinaridade que, segundo ela, “é muito importante, trabalhar em conjunto é muito importante. Você abrir um leque de vertentes, sair de um conteúdo e abrir um leque para os alunos se conectarem com tudo. Isso é importante”. Para Cristiane, “é isso que vai fazer o desenvolvimento deles lá na frente. Isso vai fazer com que eles se conectem quando eles precisarem trabalhar. Eles não vão ficar só naquilo ali, eles têm que abrir um leque de conhecimento para poder manter o emprego”.

Em seguida, a docente sugere a realização de atividades para “treinar a fala com eles também”, “pedir para eles falarem”, haja vista que “a maioria dos empregos hoje requer entrevista, requer que você saia bem na entrevista”. Segundo ela, “o aluno está precisando falar mais em sala, se expressar. Dar voz ativa ao aluno, porque eles têm muita dificuldade na entrevista de emprego”, em uma apresentação de trabalho, de projeto.

Cristiane conclui sua fala afirmando que “adorou” o material apresentado.

Quadro 5 – Cristiane

1. Comentários gerais	<ul style="list-style-type: none"> - Gostou muito do material. - Acredita que a prática desperta a curiosidade, a vontade da investigação. - Acha que os alunos gostam dessa dinâmica, de ir para o laboratório. - As atividades incentivam os alunos.
2. Caráter interdisciplinar	<ul style="list-style-type: none"> - Acredita que este caráter é muito importante, pois mostra para o aluno que as coisas têm conexão. - Essa conexão de conhecimento faz com que eles conheçam um pouquinho de tudo e levem para o dia a dia. - Gostou muito do material, porque tem química, física e biologia.
3. Ano de aplicação	<ul style="list-style-type: none"> - Acha que está excelente para o terceiro ano.
4. Complexidade do material	<ul style="list-style-type: none"> - Para alunos da rede pública está um pouquinho complexo, mas com a orientação do professor eles conseguem desenvolver.
5. Recursos e utilização didática	<ul style="list-style-type: none"> - Os alunos gostam disso, gostam dessa investigação, de pôr a ‘mão na massa’. - O mapa conceitual é um bom recurso, os alunos gostam muito.
6. Potencial para a aprendizagem	<ul style="list-style-type: none"> - O material abordou tudo que podia com o tema central: fotossíntese. - O material está riquíssimo, os alunos vão terminar sabendo muito além do que tem ali, muito além que está sendo perguntado.
7. Potencial motivacional	<ul style="list-style-type: none"> - O material tem muita motivação, por apresentar coisas do cotidiano dos alunos. - Acredita que, por buscar coisas que estão muito presentes na vida deles, vai despertar a curiosidade. - Acha que a motivação do material é extraordinária, que o material está muito bom.
8. Aspectos positivos	<ul style="list-style-type: none"> - Destaca os experimentos e a interdisciplinaridade como pontos positivos.
9. Aspectos negativos	<ul style="list-style-type: none"> - Acha que a parte teórica está muito extensa e, baseando nos alunos dela, eles vão ficar com preguiça de ler.
10. Comentários finais	<ul style="list-style-type: none"> - Acredita que o ponto principal do material foi levar o aluno a investigação. - Acha que os alunos vão aprender sem perceber. - Acredita que a interdisciplinaridade e trabalhar em conjunto é muito importante. - Sugere mais atividades de fala, que estimulem a fala dos alunos. - ‘Adorou’ o material.

Fonte: Elaboração própria

Análise da entrevista com Enzo

1. Comentários Gerais

As colocações iniciais do docente a respeito do material didático são elogios. Ele afirma que “‘adorou’ a sequência” e o fato de utilizar “os conceitos da física em si para estar explicando outras áreas também”.

Em relação às questões dos questionários, o docente achou interessante porque trouxe “algo mais do cotidiano dos alunos”, que essas questões são muito utilizadas “em pré-vestibular” e “que hoje em dia está muito em alta e, com certeza, ajuda muito o aluno nesse desenvolvimento”.

2. Caráter interdisciplinar

Quanto ao caráter interdisciplinar, o docente achou interessante porque acaba “retomando várias áreas do conhecimento diferentes”, “porque você pode, realmente, ver que uma coisa está atrelada com a outra, uma coisa depende da outra, conversa entre si”. Continua sua fala afirmando que:

Enzo: “Acaba que o aluno também não fica como se fosse numa ilha, assim, separado né. Achando que aquilo não tem relação uma coisa com a outra. E, com isso, em relação aos exemplos que você traz no material, o aluno também consegue ver que em uma questão só, num exemplo só, você pode trabalhar várias coisas. Você pode discutir várias coisas. Pode estar pensando em várias coisas diferentes que você está trabalhando no dia a dia dentro de sala de aula.”

Diante das observações do docente, ele conclui que achou este ponto interessante.

3. Ano de aplicação: terceiro ano do ensino médio

O docente relata que para o terceiro ano do ensino médio achou o material apropriado.

4. Complexidade do material

Quanto à complexidade, o docente afirma que o nível “está na média, os alunos vão conseguir acompanhar, vão conseguir responder”. Para o docente, o material “acaba sendo um

apanhado geral de outras coisas que eles aprenderam em períodos anteriores.” Concluindo que o material “pode ser bem aproveitado no terceiro ano”.

5. Estrutura do material e recursos utilizados

A respeito da estrutura e dos recursos utilizado, o docente comenta que achou “a ideia bem flexível”, visto que o aluno “pode não ter um contato direto com a *internet*, ter facilidade” para utilizar o simulador do *Phet*, “mas ele tem outras opções”, como os experimentos. O docente destaca o experimento do CD por ser simples de fazer.

Segundo Enzo, o material “consegue abranger um público bem amplo”, por conseguir trabalhar com “muitos recursos”. E o fato de não ficar “focado só em uma parte”, ajuda bastante.

Além disso, o docente comenta que achou as atividades em grupo interessantes não só para o aluno, mas “em relação também ao professor”. Justifica ele:

Enzo: “Tem uma parte do material que o grupo fica na mesa, discute um tema e passa para outro. Aí outro grupo vem, faz, discute de outra maneira e depois olham entre si. Eu acho legal essa parte. A questão que o professor pode avaliar a questão do aluno em si, se ele está acompanhando, se está conseguindo aprender, se ele está conseguindo entender.”

Ele segue suas colocações comentando sobre os conteúdos, pois dependendo do conteúdo o docente pode aprofundar mais, trabalhar mais com os alunos. E tal fato faz com o que docente não fique apenas naquela “aula muito tradicional”. Enzo ainda comenta sobre os momentos de discussão, pois, segundo ele, com esses momentos de debate o professor pode “estar analisando toda a parte do conceito que está sendo trabalhado dentro de sala”. Para o docente, isso “traz um benefício para o professor, por ele poder avaliar, ver onde o aluno está naquele grupo ou em relação àquele tema, se ele está com um pouco de dificuldade”. Do ponto de vista do aluno, Enzo acredita que “ele deixa de ficar naquela aula tradicional, podendo discutir e entender um pouco mais”.

A respeito do simulador *Phet*, o docente comenta que achou “importantíssimo” o uso dessa plataforma, porque com essa tecnologia o aluno não fica só olhando, “ele pode mexer nessas variáveis”, é realmente “um tipo de experimento virtual”. Segundo o docente, “isso agrega muito para o aluno. Tanto na questão do conhecimento e, quem sabe futuramente, tenha interesse na área de pesquisa, ciências”, visto que ele realmente “consegue perceber a mudança daquilo”. Quanto na questão de que “você consegue trabalhar de uma maneira mais

simples com uma plataforma” virtual, porque as vezes o professor quer trabalhar com algum experimento em sala de aula que é mais complexo, precisa ir para o laboratório e utilizar diversos recursos e, dependendo da escola, não tem os recursos necessários. Já com a plataforma virtual é mais fácil de trabalhar e “isso agrega muito, com certeza, sem dúvidas”.

6. Potencial para a aprendizagem dos conteúdos

Para o docente, o material apresenta “uma base boa para dar uma aprendizagem relevante para o aluno”, por ele ter contato com a base teórica. Enzo acredita que o produto educacional “é uma ferramenta muito boa”, por estar trabalhando, discutindo essas questões. Destaca ainda a relação entre o experimento e o aluno, visto que essa relação “dá uma boa base para ele conseguir ter uma aprendizagem significativa” em relação aos conceitos.

7. Potencial motivacional

O docente divide o potencial motivacional do material em duas áreas. A primeira está ligada ao conhecimento, pois o aluno “está vendo realmente a aplicação daquilo”. E a segunda está ligada ao vestibular, ao concurso, pois “o aluno pode ter interesse a mais”, ou seja, utilizar o material para estudar para algo além da sala de aula.

Enzo destaca ainda que o aluno, “além de estar conhecendo, entendendo, ele sabe que aquilo está sendo aplicado. E, futuramente, ele pode estar prestando uma prova ou alguma coisa do tipo, que hoje é bastante concorrido”.

8. Aspectos positivos do ponto de vista do ensino

Dentre os pontos positivos, o docente destaca que é “um material que te dá uma boa base” e, caso queira o professor pode acrescentar mais conteúdo ou “aprofundar um pouco mais”, como no efeito fotoelétrico. Segundo ele, o material fornece “uma base de algo mais interdisciplinar”, “serve como motivação para o aluno” e que ele achou essa parte interessante.

9. Aspectos negativos do ponto de vista do ensino

Para o docente, alguns conteúdos da física poderiam estar mais aprofundados. Ele cita como exemplo o efeito fotoelétrico. Apesar disso, Enzo reafirma que o material “dá uma boa base para desenvolver todos esses recursos, dá para trabalhar um pouco mais”. Para ele, fica a critério do docente olhar tal conteúdo e aprofundar em tal assunto. Além disso, o docente comenta que o material serve de motivação para o aluno, porque os conteúdos não são ‘engessados’.

10. Comentários finais

O docente comenta que o caráter interdisciplinar do material, despertou lembranças das suas aulas de pré-vestibular, pois os professores uniam os conteúdos e faziam um ‘aulão’ e que essa interdisciplinaridade despertava o interesse dos alunos, “era uma outra motivação”. Diante disso, Enzo comenta que o material didático apresentado já traz os conteúdos organizados, traz várias coisas que o professor pode trabalhar e “ir trazendo essa ideia, essa motivação para o aluno”. “Ainda mais no terceiro ano”, comenta ele, “é um fechamento, é uma ideia geral. O aluno, realmente, precisa ter isso bem organizado”. Para o docente, “o material trouxe muito disso também” e ele acha isso bom.

De forma geral, Enzo comenta que achou o material “muito relevante” e que os conteúdos estavam muito bons, “principalmente para o terceiro ano”. A princípio, comenta que achou que o produto fosse “um apanhado geral”.

Para o docente, o material “é um produto que realmente traz muita motivação para o aluno e que você pode trabalhar diversos conceitos, diversas áreas”. E, “dependendo da condição dá para aprofundar em algumas coisas, dependendo da necessidade da turma”, complementa.

Conclui suas considerações comentando que “é um material bom para o professor estar trabalhando, estar verificando essa questão, onde o aluno está tendo mais dificuldade”. Quanto ao aluno, o docente afirma que “o aprendizado acaba sendo interdisciplinar, deixa aquele ensino tradicional”. Portanto, “achei muito interessante”.

Quadro 6 – Enzo

1. Comentários gerais	<ul style="list-style-type: none"> - Gostou muito da sequência. - Achou as questões interessantes, por apresentarem o cotidiano dos alunos e que ajudam muito no desenvolvimento dos alunos.
2. Caráter interdisciplinar	<ul style="list-style-type: none"> - Achou esse caráter interessante, porque trabalha diversos conhecimentos. - Os alunos conseguem ver essa conexão, que uma coisa está atrelada a outra. - Acredita que com os exemplos presentes no material podem ser discutidos e trabalhados diversos aspectos.
3. Ano de aplicação	<ul style="list-style-type: none"> - O material é apropriado para o terceiro ano.
4. Complexidade do material	<ul style="list-style-type: none"> - O nível de complexidade está na média, os alunos vão conseguir acompanhar e responder. - O material pode ser bem aproveitado no terceiro ano.
5. Recursos e utilização didática	<ul style="list-style-type: none"> - Acha que a ideia é bem flexível, porque o aluno que não tem acesso à internet consegue realizar outras atividades, como o experimento do CD. - Acredita que o material consegue atingir um público bem amplo, por ter muitos recursos. - As atividades em grupo são interessantes e os debates beneficiam tanto o professor, quanto os alunos. - Acha o simulador <i>Phet</i> importantíssimo e que agrega muito para o aluno.
6. Potencial para a aprendizagem	<ul style="list-style-type: none"> - É uma ferramenta muito boa, pois possui uma boa base para dar uma aprendizagem relevante para o aluno. - Acredita que o aluno pode alcançar uma aprendizagem significativa acerca dos conceitos trabalhados.
7. Potencial motivacional	<ul style="list-style-type: none"> - Motiva o aluno na área do conhecimento, na hora de realizar uma prova escolar, ou vestibular e concurso. - Motiva o aluno a se aprofundar ainda mais, a aplicar aquilo futuramente.
8. Aspectos positivos	<ul style="list-style-type: none"> - Apesar de poder desenvolver mais os conteúdos, se o material abranger muita coisa fica cansativo para o aluno. - O material fornece uma boa base, uma boa motivação para o aluno e possui uma boa base interdisciplinar.
9. Aspectos negativos	<ul style="list-style-type: none"> - Alguns conteúdos de física podem ser mais aprofundados como, por exemplo, o efeito fotoelétrico.
10. Comentários finais	<ul style="list-style-type: none"> - Acredita que o material é muito relevante. - Apresenta bons conteúdos, principalmente para o terceiro ano. - Traz muita motivação para o aluno e o professor pode trabalhar diversos conceitos, aprofundando-os quando necessário. - Bom material para o professor e o aprendizado do aluno ocorre de forma interdisciplinar. - Acha a material muito interessante.

Análise da entrevista com Carla

1. Comentários Gerais

No geral, a docente acredita que o material está “bem estruturado, as etapas bem definidas, muito bem contextualizado e com muita atividade”.

2. Caráter interdisciplinar

A respeito desse caráter, a docente comenta: “Achei interessante a ‘pegada’ interdisciplinar. A parte que contextualiza física, biologia e química achei interessante. Achei bem colocados os posicionamentos e as matérias”.

3. Ano de aplicação: terceiro ano do ensino médio

Segundo a docente, o material didático “não cabe ao nono ano, realmente é um produto interessante para o terceiro”.

4. Complexidade do material

Quanto à complexidade do material, acredita que: “fotossíntese é tão complexo, eu acho muito complexo”. A docente concorda “que deva ser realmente aplicado ao final do terceiro ano, visto a dificuldade e complexidade dos conteúdos abordados neste trabalho”.

Como trabalha no Estado-RJ, a docente comenta que não tem “ideia de onde dê fotossíntese”, mas sabe “que não é um conteúdo tão simples”, ainda mais que apresenta “essa ponte de interdisciplinaridade, explica conteúdos de refração”.

5. Estrutura do material e recursos utilizados

A respeito da estrutura do material, Carla comenta que achou “o trabalho bem estruturado”. Entretanto, a docente comenta que não conseguiu “perceber muito bem onde está a etapa de contextualização social. Em qual dos seus pontos ali é contextualização social”, visto que percebeu que o material se trata de uma SEI, e que quando trabalhamos com a SEI “a gente cai naquele probleminha do ciclo da SEI, que é o problema, que está muito

bem feito no seu; a sistematização do conhecimento, que você sistematiza bem; a contextualização social e, depois, a avaliação final”. Segundo a docente: “Eu senti falta da contextualização social. Eu posso não ter percebido o que que era ali no meio”.

Entrevistadora: “A contextualização social é abordada na parte de energia, na utilização dos painéis fotovoltaicos. Também na parte do simulador. Na parte de cadeia e teia alimentar.”

Carla: “Eu achei que fosse isso mesmo. Eu realmente achei que era nessa parte, mas aí eu senti falta. Talvez. [...] Eu acho que, talvez, se você for mexer em mais alguma coisa do seu trabalho, porque se for só isso também está ótimo, você pode acrescentar alguma pergunta ou alguma coisa com algum vínculo mais específico para a contextualização social. Entendi que você está querendo falar sobre energia, sobre as placas fotovoltaicas, mas colocar alguma coisa que puxe mais isso para o dia a dia dos alunos, entendeu. Talvez construir com eles uma placa fotovoltaica ou alguma coisa do tipo. Talvez, na oitava etapa que você coloca o simulador, você trazer alguma reportagem ou artigo curto, porque o aluno tem preguiça de ler, sobre o uso da energia solar. Alguma coisa antes de mostrar o simulador, entendeu? Alguma reportagem mesmo, só para dar uma cara mais de contextualização. Talvez alguma coisa que puxe mais. Acenda mais esse lado de contextualização social.”

A docente segue suas observações comentando que “fora isso, foi tudo muito bem estruturado”. “A sistematização do conteúdo está muito bem feita, até achei que tem exercícios demais, que talvez isso cause problemas para você e não para os alunos, por ser muita coisa para analisar”, continua ela.

Sobre os exercícios, a docente sugere que: “Se você quiser pode dar uma diminuída também”. “Não que isso seja um problema, eles estão ótimos e muito bem colocados”, mas que, talvez, seja melhor diminuir a quantidade de exercícios “porque os alunos são bem preguiçosos”.

Quanto aos recursos utilizados, a docente comenta que achou “absurdamente ‘rico’ a forma que você está trabalhando, porque você tem vários tipos de atividades diferentes”. Para ela, “isso é muito legal, porque você não trabalha só com questão, tem o simulador, tem vídeo”.

A docente comenta ainda que: “Tem uma outra coisa que eu achei bem interessante no seu trabalho também, mas as palavras me fogem. Você usou vários instrumentos diferentes, isso é muito legal. Até porque desperta bem o aluno quando você faz muita coisa diferente”, justifica.

Carla reafirma que “as vezes, quando a gente quer manter o mesmo modo de apresentar, eles [os alunos] meio que perdem o interesse. Você não, você aborda o seu trabalho de diferentes formas”. Concluindo que gostou “bastante de todos os instrumentos”.

Carla destaca que “as atividades em grupo funcionam melhor que as individuais”, justificando tal fato com sua experiência em sala de aula:

Carla: “Às vezes, o aluno tem medo de responder errado e por ele ter feito sozinho ele fica com medo. Fica coagido a responder quando ele tem que fazer atividades sozinho. Ele prefere fazer em grupo porque ele sabe se errar pelo menos todo mundo errou junto. Então, eu acredito que, principalmente, metodologias desse tipo, como a SEI, é muito importante que a maioria, senão, todas as atividades priorizem esse lado do grupo. Porque isso nessa metodologia, para mim, funciona melhor quando eu fiz as coisas em grupo, do que quando eu fiz com eles individual. Justamente por eles se engajarem mais, poder trocar ideias entre eles. Então, esse aspecto é muito importante, essa troca de ideias. Porque a gente está ali só como ajudante, como mediador. Então, os alunos, os colegas servem como um professor para cada um. Porque eles vão, nessa troca de ideias, conseguindo construir o conhecimento deles junto.”

Diante do exposto, a docente conclui que em uma SEI a atividade em grupo “funciona muito bem, funciona até melhor que a individual”.

6. Potencial para a aprendizagem dos conteúdos

A docente não comentou sobre esse aspecto.

7. Potencial motivacional

A respeito do potencial motivacional, comenta que, como o material “traz diferentes instrumentos de avaliação” para os alunos e traz “formas diferentes de apresentar a fotossíntese”, acredita que isso “já desperta muito interesse no aluno. Porque o aluno gosta disso, de coisas diferentes e que a todo momento ele esteja sendo estimulado de diferentes formas”. Então, o material didático “contém muita coisa desse jeito. É vídeo. Você traz o recorte de uma reportagem, traz o simulador, traz questões”, pede para que eles escrevam textos e “isso desperta bastante o interesse do aluno”.

De acordo com a docente, “é um material muito bom em quesito de motivar os alunos a participar”.

8. Aspectos positivos do ponto de vista do ensino

Para a docente, o material didático “é uma sequência de ensino clara onde você aborda diversos tópicos”. Segundo ela, “um dos aspectos positivos para o ensino, é a riqueza de conteúdos”. Comenta ainda que “a sequência foi estruturada de forma que os vários conceitos trabalhados se interliguem facilmente, facilitando interdisciplinaridade e contextualização com o cotidiano dos alunos”.

9. Aspectos negativos do ponto de vista do ensino

Segundo a docente, um aspecto negativo “do ponto de vista da aplicação é o número de atividade, porque atrapalha um pouco a gente na hora da correção. Porque tem muito exercício”. A docente justifica que isso “jamais será negativo no ensino” porque o material “aborda tudo muito claramente”. Assim, reafirma que “um aspecto negativo que pode ser apontado é o número de atividades para o tempo disponível em sala de aula”, visto que “pode faltar tempo para os alunos responderem a tantas questões”.

10. Comentários finais

De acordo com as observações da docente, o material “está bem estruturado, muito bem feito. As etapas estão claras. As questões estão claras”. Sobre a complexidade, a docente reitera que o material “não está em um nível absurdo de difícil, está em um nível tranquilo.” Novamente, sugere que a quantidade de exercícios seja diminuída, caso seja necessário. Comenta ainda que:

Carla: “Nas sequências de ensino investigativas, um dos métodos de avaliação que você pode usar também é o desenho. Então, você pode depois da etapa que você mostra como são as estruturas das células, você pode pedir para eles desenharem. [...] ou então, quando você fala sobre energia, como o que é a absorção de energia da planta, você pode pedir para o aluno estruturar isso para você em desenho. Na nona etapa, quando você mostra o vídeo, talvez, antes do vídeo você pode pedir para ele fazer algum desenho. Você explica e faz uma daquelas aulas que você faz a explicação de conteúdo sem mostrar nenhuma imagem e pede para eles fazerem como eles acham que são.”

A docente conclui suas considerações finais comentando que a entrevistadora “não precisa analisar tudo que eles produzem de resultado”, visto que pode destacar algumas coisas.

Quadro 7 – Carla

1. Comentários gerais	- No geral, achou o trabalho bem estruturado, as etapas bem definidas, muito bem contextualizado, com muita atividade.
2. Caráter interdisciplinar	- Acha interessante a pegada interdisciplinar, a parte que contextualiza física, biologia e química achei interessante. - Acha bem colocado os posicionamentos e as matérias.
3. Ano de aplicação	- Acredita que não cabe ao nono ano do ensino fundamental. - Acha que é um material interessante para o terceiro ano.
4. Complexidade do material	- Destaca que fotossíntese é um conteúdo complexo. - Concorde que o material deva ser aplicado ao final do terceiro ano, visto a complexidade e dificuldade dos conteúdos.
5. Recursos e utilização didática	- Acha que o trabalho está bem estruturado. - Sentiu falta da contextualização social e que esse aspecto pode ser mais explorado. - Acredita que o problema, a sistematização do conhecimento e a avaliação final estão bem feitos. - Acredita que tem exercícios demais, mas eles estão ótimos e muito bem colocados. - Acha que os recursos estão absurdamente ricos, e que utilizar diversos instrumentos desperta o interesse dos alunos. - Gostou bastante de todos os instrumentos. - Acredita que as atividades em grupo funcionam melhor que as individuais, pois os alunos conseguem construir o conhecimento juntos.
6. Potencial para a aprendizagem	- Não comentou diretamente sobre esse aspecto.
7. Potencial motivacional	- Acredita que os vários recursos despertam o interesse do aluno. - Acredita que o material estimula o aluno de diversas formas, seja com o vídeo, com o simulador, as questões, a reportagem.
8. Aspectos positivos	- A riqueza de conteúdo é um dos aspectos positivos. - Acredita que é uma SEI clara, estruturada de forma que os conceitos se interliguem, facilitando a interdisciplinaridade e contextualização com o cotidiano dos alunos.
9. Aspectos negativos	- Acredita que seja o número de atividades, pois pode faltar tempo para que os alunos respondam tantas questões.
10. Comentários finais	- Acredita que o material está bem estruturado e que as etapas e questões estão claras. - O nível de complexidade está ‘tranquilo’, mas talvez seja necessário diminuir o número de atividades. - Sugere novas atividades para a contextualização social e avaliação.

Fonte: Elaboração própria

Análise da entrevista com Talita

1. Comentários Gerais

Talita inicia suas colocações elogiando o material didático: “Eu achei, assim, ‘perfeito’”, comenta ainda que o material apresenta “uma oportunidade de explorar ainda mais [conceitos] com o aluno pelo tempo que tem disponível”, pois acredita que por ser um ‘trabalho de mestrado’ “tem um tempo um pouco maior para disponibilizar, trabalhar com ele”. Complementa falando sobre os recursos:

Talita: “Eu achei muito interessante. Você não só utilizou uma forma. Tem pessoas que ficam só no slide, tem pessoas que ficam só no vídeo. Você não, você utilizou um pouquinho de tudo. Eu acho isso muito importante. Porque trouxe reportagem, se não me engano sobre o vazamento de óleo. Acho que foi isso mesmo, da ‘mancha de óleo’. Então, você trouxe uma reportagem que acho também muito importante trazer essa realidade para o aluno. Você utilizou vídeos. Eu achei as perguntas muito bem elaboradas, foram muito bem elaboradas.”

Outro ponto que ‘chamou atenção’ da docente foi “a interdisciplinaridade que você trouxe entre a física e a biologia e um pouco também inseridos na química, por causa da fórmula, das reações químicas”. “Então, eu achei muito bom”, reafirma.

A docente destaca “a questão avaliativa” dizendo que achou “ótimo”, pois “já vai preparando o aluno para o vestibular, para o ENEM”. Conclui afirmando que: “de modo geral, eu achei muito bom mesmo”.

2. Caráter interdisciplinar

Talita destaca que achou esse caráter “interessante”, justificando que durante sua experiência em sala de aula percebeu que os alunos têm dificuldade e que não tem como “saber física sem saber matemática”. Para a docente, por ser interdisciplinar, o material ‘aprofundou’ mais os conteúdos: “Você pegou a biologia, começou a inserir tópicos de física, a química vem junto por causa da fotossíntese. Então, uma coisa vem ‘puxando’ a outra e isso é bom para despertar no aluno que uma disciplina não caminha sozinha. Ela tem suas ramificações”.

Complementa apontando que este fato “não é só benéfico para o professor”. Segundo a docente: “a física está [presente] em tudo”, por isso, achou esse caráter “muito importante” e que é “muito benéfico para o aluno saber que uma disciplina não caminha sozinha. Ela precisa

das outras”. E o material “está mostrando esse caminho”. “Na verdade, muito bem elaborado”, “gostei muito dessa interação que você trouxe”, reafirma.

3. Ano de aplicação: terceiro ano do ensino médio

A respeito desse caráter, a docente comenta que: “Então, eu ‘jurava’ a você que seria no primeiro. Porque no primeiro já começa a falar algumas coisas de biologia”. Mas, o material está em um “nível tão bom” que, de fato, “aplicar no terceiro ano seria, para mim, o ideal”.

4. Complexidade do material

Quanto a esse aspecto, Talita comenta inicialmente de uma experiência ruim que teve em sala de aula, na qual precisou modificar algumas atividades de um outro material didático para que os alunos acompanhassem o conteúdo. Devido tal experiência, a docente questiona se a entrevistadora não teria medo de passar pelo mesmo desafio:

Talita: “[...] eu tive que, praticamente, mudar um pouco do meu material. Você, assim, não teria esse medo de chegar e ‘topar’ com outra realidade e você já com o material pronto? Porque eu senti esse medo. Graças à Deus deu tudo certo.”

Entrevistadora: “A gente tem que pensar em estar sempre adaptando. Porque são muitas realidades diferentes. E é até interessante, porque quanto mais a gente conhece nossos alunos, mais a gente vai traçando o perfil daquela turma. Então, a gente sabe até que ponto pode ir ou aonde a gente pode ‘apertar’ mais um pouquinho.”

Talita: “Foi isso que eu fiz, mas a gente fica triste. [...] é complicado.”

Em relação à complexidade do material, a docente comenta que está bem explicado: “Você colocou lá uma explicação, assim, você fazia uma introdução antes de fazer a pergunta”. Por isso, “esse é o nível para mim”, “eu achei muito bem explicado. Não tem nada muito elevado. Nada que um aluno de terceiro ano não vá saber”, afirma. “Eu gostei muito. Essa parte eu achei bem, bem interessante”, reforça.

5. Estrutura do material e recursos utilizados

Inicialmente, a docente questionou sobre o método utilizado: “Você usou a SEI, né?”, comentando que nunca utilizou este método, mas que quando foi conhecendo melhor as etapas, gostou muito, ficou “apaixonada”.

Quanto aos recursos, a docente afirma que “isso não tem nem comentário” e que ficou “mais abismada ainda”. A respeito do “jogo final”, a docente comenta que “vai aguçando a criatividade do aluno, do que ele aprendeu”. “Gente, eu fiquei apaixonada”, declara. Lembra ainda do simulador *Phet*, comentando que é “viciada” e que ‘adora’ aquelas simulações.

Segundo a docente, é “muito importante a gente levar aquilo [os recursos] para a sala de aula, para os alunos”, os “experimentos, então!”. “É tanta coisa boa que você utilizou. Os alunos amam”, afirma. Continua suas observações:

Talita: “Você não fica só na teoria. Os vídeos, a estrutura. É como eu te falei. Eu estou no oitavo período. Eu não sou expert no assunto. Mas, para mim está impecável. Se você falar: ‘Mas Talita, você não tem nem uma crítica para você me dar?’ É difícil. Porque seu trabalho está ‘tão maravilhoso’. Eu fiquei encantada, porque você utilizou um pouquinho de cada coisa. Você utilizou vídeo, acho muito válido isso. Às vezes, dentro de uma escola a gente tem a sala de multimídia e os professores não usam esse recurso.”

A docente comenta ainda sobre outros recursos: “A reportagem, você trouxe uma coisa que realmente aconteceu. Trouxe para instigar a curiosidade deles, para aprofundar no assunto. ‘Olha’, muito interessante”. “Aquela [aula dialogada] do painel solar achei muito interessante”, continua, “é uma realidade mais próxima do que a gente imagina, daqui a pouco vai estar todo mundo usando. Então, é muito interessante”.

Segundo a docente, o material dispõe de “simulação, o vídeo, o jogo, o experimento, foi tanta coisa boa. Muita coisa boa”. Reitera ainda que achou o material “muito interdisciplinar”, visto que “não explorou só uma coisa, ‘pegou’ um pouquinho de cada”. Talita comenta ainda sobre as atividades de escrita presentes no material:

Talita: “Não deixando [de lado] também em questão de o aluno escrever, acho muito importante. [...] você aguçou isso de uma tal forma e é importante. Porque na faculdade, ENEM, prova de redação, no curso que o aluno quer fazer, isso já vai instigar. Porque hoje em dia, com essa tecnologia e *WhatsApp*, os alunos querem o mínimo possível para escrever, abreviando as coisas. [...] tem que estimular isso também. Então, para mim, ‘está maravilhoso’.”

Complementa sua fala comentando que “a nossa preocupação tem que ser o aluno” e “trazer essas coisas novas, que é isso que eles gostam”. “Eles gostam muito disso”, afirma e conclui: “Então, você pode ter certeza. Quando seu material disponibilizar é um dos materiais

que eu quero”; “você pode ter certeza de que serei uma das suas fãs, já salvei o material que você me enviou”; “pode ter certeza de que eu aplicaria”.

6. Potencial para a aprendizagem dos conteúdos

Em relação ao potencial para a aprendizagem dos conteúdos, a docente comenta que o material sempre tem um “resumo”, uma “explicação do conteúdo” antes das atividades. E que, ao analisar o material percebeu que ele “utilizou uma linha de raciocínio direta”, “não fragmentou os conteúdos”, ou seja, “um conteúdo foi ‘puxando’ o outro, que foi ‘puxando’ o outro”. Assim, “eles ‘andaram’ juntos perfeitamente” e que ela achou isso “interessantíssimo”, achou “interessantíssimo como os conteúdos foram ‘amarrados””.

Comenta ainda sobre a fotossíntese:

Talita: “O seu ponto principal, que eu pude perceber que você colocou de forma geral foi a fotossíntese. Eu vou te falar ‘do fundo do meu coração’ isso foi, eu não sei se eu teria essa capacidade. Você, eu não sei a palavra correta. É ‘ramificou’? É alguma coisa assim. Você fragmentou essas partes na física, introduziu um pouco de química, por causa das reações, e a biologia. Você ‘pegou’ a fotossíntese e pronto, colocou ela em cinquenta mil pedaços. Aí você fala de energia e você não só falou da energia utilizada realmente só na fotossíntese. Você ‘puxou’ mais um cadinho, explicou todos os tipos de energia. Então, foi muito interessante, eu achei maravilhoso. Então, melhor do que isso só aplicando.”

Conclui sua fala a respeito desse aspecto afirmando que: “Os conteúdos estão impecáveis, perfeitos”.

7. Potencial motivacional

Segundo a docente, “dentro de sala de aula sempre tem aqueles [alunos] preguiçosos”, que precisamos despertar o interesse. Defende a utilização de vídeos para instigar os alunos, mas ressalta que não recomenda vídeos longos, pois “o aluno já fica cansado, fica olhando para aquilo inerte”.

Talita destaca também o uso de experimentos: “Olha só que interessante que você também usou”, “você separou acho que quatro grupos” e “fez o experimento do CD. Aí cada grupo ficou com um tipo de iluminação diferente. Um com *led*, outro com lâmpada incandescente. Achei super importante”. Justificando que: “além de motivar o aprendizado, eles verem na prática. Acho muito importante envolver teoria e prática na mesma coisa

[atividade]”. Destaca que é “fascinada na prática”, visto que também tem a “motivação de trabalhar em equipe”. “Isso é muito bom”, reitera, “muito bom”.

Para a docente, trabalhar em equipe “não só convida o aluno a ser mais participativo, mas também qualquer dúvida que ele tiver e outro amigo souber ele vai poder procurar, vai saber dialogar”, e que isso cria um “outro ambiente na sala de aula”.

De acordo com a docente, o material “tem um potencial motivacional incrível”, principalmente, “quando entra na parte do experimento, na parte do jogo”. Destacando que ‘adora’ trabalhar com esses recursos em sala de aula.

Outro recurso que Talita destaca é o simulador: “Acho muito importante. O simulador é perfeito. Porque, às vezes, você não pode ‘mexer’ com aquilo dentro da sala de aula, mas você tem o simulador para te dar suporte”. “Então, é muito incrível. Eu, particularmente, adoro essa parte de vídeos, de experimentos”, completa.

Para a docente, o jogo e o simulador utilizados estão “perfeitos”, “têm um ‘grau’ [motivacional] incrível”. Por isso, “se um aluno não despertar para isso, ‘vou te contar viu’, não quer nada”. Mas, “desperta”, “desperta muito a curiosidade”. Conclui suas considerações sobre esse aspecto afirmando que quanto a “esse grau motivacional você pode ficar tranquila porque [o material] está incrível”.

8. Aspectos positivos do ponto de vista do ensino

Quanto aos aspectos positivos, comenta que “são tantos”, mas destaca que o aspecto mais importante para ela é “a motivação para o aluno”. Pois, muitas vezes “a física é ‘taxada’ como uma disciplina horrível” ou escutamos que: “se eu não sei física eu sou burro”, que “a física é coisa de ‘doido’”. Segundo a docente, temos que mudar esses pensamentos e mostrar que “a física pode ser sim interessante” e que o material traz isso, “é o ponto principal que o material traz”. Continua sua fala comentando que:

Talita: “O fato de o aluno ‘olhar’, de ‘chegar na sala no final da sua aplicação e dizer: ‘Professora, que aula maravilhosa! Eu aprendi muito. Eu não sabia, mas usar experimento é ótimo’. Essas coisas que você coloca, os jogos, o simulador. Isso, para mim, é uma motivação muito grande para o aluno. [...] À medida que você está ali, você está explicando. Isso que eu queria relatar também. Que você usa o experimento e depois. Na verdade, depois de tudo que você começa a ‘falar’, você coloca as perguntas embaixo. Você instiga. E isso é o ponto principal também. Essa motivação, entendeu. Então, é muito interessante.”

A docente reitera que o ponto principal do produto é “essa motivação. A tecnologia que você leva totalmente para sala de aula. Não deixando o lado tradicional”. Comenta ainda que o material “traz muito experimento para dentro de sala”, traz “vídeo, simulação, reportagem”, traz “de tudo um pouco e faz uma coisa maravilhosa”. Apontando novamente que “o ponto principal” do material foi “essa parte motivacional” e que “esse produto é maravilhoso”.

9. Aspectos negativos do ponto de vista do ensino

A docente comenta que “o ruim é achar algum aspecto negativo” no material didático. No entanto, comenta que irá destacar um recurso que está presente no material e que ela teve dificuldade ao aplicar em sala de aula: “o mapa conceitual”.

Ela comenta que o material apresenta “dois exemplos [de mapa conceitual] para que os alunos conseguissem fazer um relacionado ao assunto”. Segundo ela, se os alunos já tiverem uma experiência prévia com o mapa conceitual, talvez eles “possam conseguir fazer”. Entretanto, muitos alunos nunca utilizaram este recurso, por isso poderia ser mais explicado, mais aprofundado, isto é, “aprimorar um pouco mais a explicação do mapa seria bom para eles”.

10. Comentários finais

Talita destaca que, apesar do material não ter sido aplicado ainda, “está no caminho mais que certo. Porque está ‘totalmente perfeito’”. Relembra que o material apresenta questões do ENEM e que acha isso “muito importante”, pois começa “a instigar o aluno”. Porque muitos “alunos fazem o ENEM”. Além disso, destaca que “aplicar no terceiro ano, para mim, é perfeito”.

A docente parabeniza a entrevistadora, comentando que sabe “que é feito com amor” e que isso “faz muita diferença”. A docente afirma que leu “cada questão, cada linha, porque não é uma coisa enjoativa” e que “isso também é importante”, pois o material “não se torna cansativo”. Para Talita, o material “é perfeito” e que o que comentou sobre o mapa conceitual “seria uma sugestão”. Parabeniza novamente a entrevistadora e comenta que o material “está no caminho certo. Está perfeito. Não tem nada, assim, ‘saindo dos trilhos’. Está tudo bem elaborado, encaminhado. A aplicação vai ser ‘nota mil’. Parabéns.”, conclui.

Quadro 8 – Talita

1. Comentários gerais	<ul style="list-style-type: none"> - Acha que o material está perfeito, muito interessante. - Destaca a reportagem sobre o vazamento de óleo e o vídeo, por serem muito importante. - Destaca as perguntas e a interdisciplinaridade por serem bem elaborados.
2. Caráter interdisciplinar	<ul style="list-style-type: none"> - Acha interessante e que o fato de ser interdisciplinar aprofundou ainda mais os conteúdos. - Acredita que esse caráter é muito importante, benéfico para o aluno. - Gostou muito da interação entre as disciplinas, foi muito bem elaborado.
3. Ano de aplicação	<ul style="list-style-type: none"> - Acredita que aplicar no terceiro ano seria o ideal.
4. Complexidade do material	<ul style="list-style-type: none"> - Está em um nível muito bom, muito bem explicado. - O material está compatível com o nível do terceiro ano.
5. Recursos e utilização didática	<ul style="list-style-type: none"> - Ficou ‘apaixonada’ pelo jogo e pelo simulador do <i>Phet</i>. - Adorou o simulador e os experimentos, o vídeo, a estrutura. - Está impecável, maravilhoso. - Acredita que a reportagem é muito interessante e que instiga a curiosidade dos alunos. - Acha que o material está muito interdisciplinar. - Acha que as atividades que estimulam a escrita são importantes.
6. Potencial para a aprendizagem	<ul style="list-style-type: none"> - Acha importante ter uma explicação do conteúdo antes, um resumo. - O material segue uma linha de raciocínio direta, sem fragmentar os conteúdos. Achou isso ‘interessantíssimo’. - Os conteúdos estão impecáveis, perfeitos.
7. Potencial motivacional	<ul style="list-style-type: none"> - Os recursos utilizados: jogo, simulador, vídeo, experimentos, estão perfeitos, motivam o aprendizado e motivam o trabalho em equipe. Assim, têm um potencial motivacional incrível. - O potencial motivacional está incrível.
8. Aspectos positivos	<ul style="list-style-type: none"> - Acredita que são muitos, mas que o principal é a motivação para o aluno. - O material traz jogo, simulador (tecnologia), experimento, vídeo, reportagem e isso motiva o aluno. - O fato de trazer uma explicação antes de cada atividade, instiga o aluno, é interessante.
9. Aspectos negativos	<ul style="list-style-type: none"> - Acredita que o mapa conceitual poderia ter uma explicação mais profunda.
10. Comentários finais	<ul style="list-style-type: none"> - Apesar de não ter sido aplicado, o material está perfeito. Salvou o material que foi enviado para aplicar futuramente. - Acha importante usar questões do ENEM porque instiga o aluno e que aplicar o material no terceiro ano é perfeito. - O material não é cansativo, ele é perfeito, está no caminho certo. - Está bem elaborado, encaminhado.

Fonte: Elaboração própria

5.2 Análise das entrevistas por questão

1. Comentários gerais

Este tópico é particularmente importante, pois ressalta as primeiras impressões dos docentes acerca do material didático. É notório que todos elogiam o material quanto à estrutura, recursos utilizados, interdisciplinaridade, contextualização e aulas interativas.

Natali, Carlos e Carla destacam a ótima estrutura do material, justificando que as fases são progressivas, contextualizadas e não são extensas. Permitindo que o aluno elabore hipóteses, relacione os conhecimentos prévios aos novos conhecimentos. Proporcionando, assim, momentos de reflexão para verificar o aprendizado.

Inicialmente, Julia destaca que pensou que o material seria voltado para alunos do 9º ano do ensino fundamental. Além disso, questiona se o material será disponibilizado de forma impressa, demonstrando certa preocupação sobre as dificuldades que algumas escolas podem ter para imprimir o material colorido, haja vista que algumas imagens não ficariam nítidas em preto e branco.

Outro aspecto muito comentado pelos docentes neste primeiro momento foram os recursos utilizados. Júlia aponta que os vídeos “estão ideais” por serem “curtos e explicativos”, destaca o uso de tecnologia com o simulador *Phet*. Ela salienta também as questões de vestibular e os experimentos que podem ser realizados em casa. Para Carlos, o material apresenta diversos tipos de recursos que buscam o “aproveitamento pedagógico”, evidenciando os experimentos, questionários, mapa conceitual e a simulação. Cristiane comenta sobre as atividades práticas, visto que incentivam os alunos, despertam a curiosidade e a “vontade da investigação”. Enzo destaca que achou as “questões interessantes”, pois apresentam o cotidiano dos alunos e ajudam no desenvolvimento. Talita destaca a reportagem sobre o vazamento de óleo, o vídeo e as perguntas.

2. Caráter interdisciplinar

Todos os docentes comentaram a respeito do caráter interdisciplinar do material didático, evidenciando sua importância para o aprendizado dos alunos. Júlia afirma que conseguiu “identificar o caráter interdisciplinar” do material, justificando que de modo geral não conseguimos identificar qual professor implementará o material, visto que “dosou um pouquinho de cada disciplina”.

Para Natali, a interdisciplinaridade do material ocorre de forma integrada entre os conceitos de química, física e biologia, destacando que esses conceitos “são progressivos, são adicionados aos poucos para o aluno”. A docente destaca ainda que para que o estudante entenda os conteúdos relacionados à fotossíntese precisa ter um suporte da parte de biologia, química e física e que as estratégias utilizadas fornecem um “bom subsídio para a interdisciplinaridade”.

De acordo com Carlos, as três áreas (física, química e biologia) conseguem ‘conversar’ entre si e comenta que é difícil identificar qual parte pertence a “determinada matéria”. Já Cristiane apresenta um pensamento parecido com o de Natali e Julia, comentando que esse caráter é “muito importante”, pois mostra para os alunos que as disciplinas têm conexão e que essa conexão de conhecimento faz com que eles conheçam um pouquinho de tudo e levem para o dia a dia.

Enzo destaca que os “alunos conseguem ver essa conexão, que uma coisa está atrelada a outra” e acredita que com os exemplos presentes no material podem ser discutidos e trabalhados em diversos aspectos. Assim como Enzo, Carla comenta que achou esse caráter interessante, enfatizando a contextualização e as matérias. Para Talita, além de ser interessante a interdisciplinaridade permite que o docente detalhe mais os conteúdos. Dessa forma, aponta que tal fato é benéfico para o aluno e que a interação das disciplinas foi muito bem elaborada.

3. Ano de aplicação: terceiro ano do ensino médio

Todos os docentes entrevistados destacam que o material é viável, apropriado, interessante e coerente para ser aplicado no terceiro ano do ensino médio. Além disso, Júlia evidencia que os conteúdos de química presentes no material normalmente são ministrados no terceiro ano. Já Carlos comenta que não sabe em qual ano os conteúdos são estudados no Estado do Espírito Santo, mas sugere que o material seja aplicado em forma de projeto, por meio de uma parceria com professores de diversas áreas.

4. Complexidade do material

Quanto à complexidade, Júlia, Natali, Enzo, Carla e Talita comentam que o material está compatível com o nível do terceiro ano, visto que está bem explicado, elaborado e os alunos vão conseguir acompanhar e responder as atividades. Destacam que, como os

conteúdos expostos são cobrados no ENEM e em outros vestibulares, o material pode ser bem aproveitado pelos alunos do terceiro ano. Apesar de acreditar que o material é compatível com o nível do terceiro ano, Cristiane salienta que para alunos da rede pública ele está um pouco complexo, assim, os professores devem orientar os alunos para que eles consigam ter um bom desempenho.

5. Estrutura do material e recursos utilizados

De forma geral, os docentes apontaram que o material está bem estruturado e demonstraram muita ‘empolgação’ quanto aos recursos utilizados. Durante a entrevista, Júlia destaca que “amou” o experimento da cromatografia, por ser simples e conseguir ser realizado com materiais que temos em casa. A docente comenta ainda sobre os vídeos, “curtos, dinâmicos e explicativos”, e que ‘gostou muito’ das questões de vestibular e do simulador *Phet*. Natali e Cristiane destacam que os recursos utilizados [jogo, experimentos, vídeo, simulador e mapa conceitual] permitem a interação e a criatividade dos alunos, colocando-os como “protagonistas desse aprendizado”.

Carlos aponta que o material apresenta “todos os tipos de aproveitamento pedagógico [experimentos, questionário, mapa]”, destaca o uso do simulador, por ser muito didático, e o jogo, por ser interessante e importante. O docente comenta que “gostou” da reportagem, pois acredita que “é interessante abordar a realidade local”, e dos conteúdos, por terem uma “linguagem clara e objetiva”. Afirmar ainda que o roteiro do experimento é “claro e fácil” e que “as questões são acessíveis”, ou seja, “quem lê o roteiro e faz o experimento vai conseguir fazer as questões”.

Enzo acredita, por ter muitos recursos, o material alcança um amplo público. Destaca que as atividades em grupo são interessantes e que os debates são benéficos tanto para o aluno, quanto para o professor. Além disso, o docente considera que o simulador é “importantíssimo”.

Quanto à estrutura da SEI, Carla comenta que sentiu falta de mais atividades de contextualização social e que o problema, a sistematização do conhecimento e avaliação final estão bem elaborados. A docente comenta que os recursos estão “absurdamente ricos” e que dispor de diversos instrumentos desperta interesse nos alunos. Destaca ainda que, em uma SEI, acredita que as atividades em grupos são mais vantajosas, pois permitem que os alunos construam o conhecimento juntos.

No decorrer da entrevista, Talita tece diversos elogios aos recursos utilizados, pois instigam a curiosidade e o interesse dos alunos e afirma em diversos momentos que o material está “impecável, maravilhoso”.

6. Potencial para a aprendizagem dos conteúdos

Os docentes entrevistados acreditam que o material possui potencial para a aprendizagem dos conteúdos. Júlia e Carlos destacam que o potencial motivacional e as atividades em grupo ajudam na aprendizagem dos alunos. Carlos e Talita destacam que a estrutura linear do material faz com que ele fique menos cansativo, visto que segue uma linha de raciocínio direta, sem fragmentar os conteúdos. Já Natali aponta que os temas do cotidiano dos alunos favorecem a aprendizagem e que o material estimula os alunos a avançarem nos seus conhecimentos.

Cristiane relaciona os recursos utilizados com o potencial do material para a aprendizagem, apontando que os alunos vão aprender além do que está sendo proposto no material. Assim como Enzo, que acredita que os alunos podem alcançar uma “aprendizagem significativa” por meio do material.

7. Potencial motivacional

Todos os docentes entrevistados acreditam que o material didático apresentado possui potencial motivacional excelente. Para Júlia, Carla e Talita esse potencial está presente nos diversos recursos [vídeo, simulador, questões, reportagem, jogo, vídeo, experimentos], na interdisciplinaridade e nos trabalhos em equipe. Para Natali o material tem diversos pontos de motivação, destacando a contextualização, as questões reflexivas, os recursos [experimentos, simulador, jogo] e as aulas dialogadas. Assim como Natali, Cristiane comenta que apresentar atividades relacionadas ao cotidiano dos alunos é um ponto motivacional, pois despertam a curiosidade.

Segundo Carlos, o potencial motivacional está atrelado aos questionamentos presentes ao final de cada atividade, pois incentivam a reflexão e criam expectativa no aluno. O docente ainda destaca que relacionar a capa do CD [experimento] com a fotossíntese foi interessante e motivacional. Já Enzo acredita que o material motiva os alunos nos momentos de prova, seja escolar, vestibular ou concurso, fazendo com que queiram aplicar os conhecimentos adquiridos futuramente.

8. Aspectos positivos do ponto de vista do ensino

A interdisciplinaridade, as atividades em grupo, a diversidade de conceitos relacionados à fotossíntese, os recursos [experimentos, jogo, simulador, vídeo, reportagem], as atividades investigativas, o potencial motivacional e a contextualização foram os principais pontos positivos destacados pelos docentes entrevistados.

Júlia e Enzo destacam que o material apresentado é ótimo para consulta por ser muito completo e bem estruturado. Natali salienta que o material coloca o aluno como “protagonista” e “no centro do processo de aprendizagem”, motivando-os a alcançar o aprendizado. Para Carlos e Enzo, outro ponto positivo do material é não ser “cansativo” ou “maçante”. Já Carla destaca a estrutura do material, pois permite que os conceitos se interliguem, facilitando a interdisciplinaridade e promovendo atividades que contextualizem o cotidiano dos alunos. Segundo Talita, os pontos mais positivos do material são a motivação e as explicações antes de cada atividade, pois instigam e estimulam os alunos.

9. Aspectos negativos do ponto de vista do ensino

Por ter diversas atividades e alcançar vários tipos de alunos, alguns podem não se interessar por alguma parte específica do material, destaca Júlia. Além disso, por ter muitas fotos, a impressão do material pode ser uma dificuldade para escolas com menos recursos financeiros. Para Natali, o tempo pode ser um ponto negativo do material, isto é, a necessidade de o aluno concluir uma fase para ir para a próxima pode afetar o engajamento dos alunos. Carla também acredita que o tempo pode ser um empecilho, pois como o material propõe muitas atividades pode faltar tempo para os alunos respondê-las.

Para Carlos, falta alguma atividade de revisão/síntese ao final do material. Enzo acredita que alguns conteúdos de física [como o efeito fotoelétrico] podem ser mais desenvolvidos. Em contrapartida, Cristiane acredita que a parte teórica, com base em seus alunos da rede pública, está muito extensa. A docente comenta que alguns alunos dela ficariam com “preguiça de ler”. Durante sua experiência em sala de aula, Talita percebeu que os alunos apresentam dificuldades na produção do mapa conceitual, por isso, acredita que o material poderia apresentar uma explicação mais profunda sobre o mapa conceitual.

10. Comentários finais

Ao final da entrevista, Júlia retoma ao caráter interdisciplinar comentando que o material pode ser aplicado tanto por professores de biologia, quanto de física e de química. Para a docente o material foi bem revisado e pesquisado, pois não apresenta erros de gramática. A respeito dos recursos [experimentos, questões, textos, vídeos, simulador] a docente conclui que alcançam vários tipos de alunos, destacando que as questões e os textos são compatíveis e que o material tem potencial para ser aplicado no decorrer de um bimestre.

Natali reitera que o material tem diversos pontos positivos, que as estratégias utilizadas estimulam os docentes a sair do tradicional, que o material se mostra integrado e que, juntos, os conceitos fazem muito sentido. Carlos também destaca a interdisciplinaridade ao comentar que qualquer professor, seja de química, física ou biologia, consegue aplicar o material apresentado. Para Cristiane, além da interdisciplinaridade e das atividades em grupo, o principal ponto do material foi estimular a investigação, pois os alunos aprendem sem perceber. A docente sugere acrescentar atividades que estimulem a fala dos alunos.

Segundo Enzo, o material apresentado é muito “relevante” e “interessante”, apresenta conteúdos compatíveis e interdisciplinares para os alunos do terceiro ano, traz motivação e benefícios tanto para os alunos quanto para os professores. Para Carla a SEI proposta está bem estruturada, as etapas e questões estão claras, mas pode “diminuir a quantidade de exercícios”, o nível de complexidade está compatível com o terceiro ano. Sugere novas atividades para a contextualização social e avaliação, como propor que os alunos desenhem. Já Talita relembra que o material ainda não foi aplicado, mas está “perfeito”. A docente salienta que as questões de vestibular são importantes, pois instigam os alunos, em especial os de terceiro ano. Para a docente o material não é cansativo e está bem elaborado.

5.3 Dialogando com os referenciais teóricos

Como exposto no item anterior, as concepções iniciais dos docentes entrevistados acerca do material didático são de suma importância, pois evidenciam as perspectivas espontâneas dos docentes. Diversos aspectos da sequência didática foram salientados, alguns relacionados ao método de ensino (SEI) e sua estrutura e atividades; outros associados diretamente aos conteúdos, como a interdisciplinaridade, a contextualização e a complexidade; outros referentes aos recursos utilizados; bem como alguns aspectos didático-pedagógicos, como a autonomia, atitude, criticidade, motivação e aprendizado. Assim, diante

das observações mais recorrentes feitas pelos docentes no primeiro tópico das entrevistas, foram estabelecidas as seguintes categorias de análise: **método de ensino (SEI), interdisciplinaridade, contextualização, diversidade de recursos didáticos, potencial atitudinal e aprendizagem conceitual.**

Tais categorias serão utilizadas para aprofundar a análise dos dados da pesquisa, visto que são temas apontados pela literatura como pertinentes ao ensino. A seguir, estas categorias serão apresentadas de forma a relacionar as falas dos docentes entrevistados com o referencial teórico, em função do objeto de pesquisa.

Método de ensino (SEI)

O método de ensino (SEI) no qual o material está estruturado foi escolhido como primeira categoria de análise por estar evidente em diversas falas dos entrevistados. Os docentes Natali, Carlos, Cristiane, Carla e Talita identificaram que o material apresentado se tratava de uma SEI devido sua estrutura, organização e atividades.

Para Carla, a sequência didática está bem estruturada, as etapas da SEI estão bem definidas e contextualizadas e com muitas atividades pertinentes. Natali e Carlos destacam que a SEI é composta por fases progressivas, que não são extensas e que intercalam entre si. Para Natali, estas fases servem “para que o aluno consiga construir, elaborar hipóteses, pensar um pouco sobre alguns conhecimentos prévios e relacionar aos novos conhecimentos que estão sendo produzidos”, tanto por meio de experimentos e observações, quanto a partir “das próprias aulas interativas” ou “de aulas discursivas que estão sendo propostas no material”. Carlos analisa que cada fase da SEI traz um questionamento no final, assim, quando o aluno conclui uma fase é possível verificar se “houve algum aprendizado naquele momento”.

As falas de Natali e Carlos vão ao encontro com as concepções de Carvalho e colaboradores (2013), ao relatarem que a SEI visa propiciar um ambiente de estudo que valorize o conhecimento como construção progressiva durante as aulas de Ciências, para que os docentes possam ensinar/mediar as atividades científicas, enquanto os alunos constroem, aos poucos, sua cultura científica, tendo em vista que “qualquer novo conhecimento tem origem em um conhecimento anterior” (CARVALHO et al., 2013, p. 2). Dessa forma, a SEI objetiva proporcionar aos alunos:

[...] condições de trazer seus conhecimentos prévios para iniciarem os novos, terem ideias próprias e poder discuti-las com seus colegas e com o professor passando do

conhecimento espontâneo ao científico e tendo condições de entenderem conhecimentos já estruturados por gerações anteriores (CARVALHO et al., 2013, p.9).

Além disso, autores evidenciam a relevância das hipóteses na construção de conceitos científicos, pois estas são alicerçadas em todo contexto no qual o cientista está inserido e não apenas nos conhecimentos prévios (GIL-PÉREZ et al., 2001).

Quanto a estrutura da SEI, Carla destaca que o problema, a sistematização do conhecimento e a avaliação final estão claros e bem estruturados. Entretanto, menciona que a contextualização social poderia ser mais desenvolvida. Vale ressaltar que as etapas da SEI foram elaboradas de acordo com as concepções de Carvalho e colaboradores (2013). Segundo os autores a etapa da contextualização social é de suma importância, pois objetivam que os estudantes sejam capazes de associar os problemas reais e cotidianos com a conceituação científica.

Natali e Enzo destacam a importância dos debates na sequência didática apresentada. Para Natali, os debates são importantes pois motivam os alunos. Já Enzo, acredita que este recurso beneficia tanto os estudantes, quanto professores. Talita, por sua vez, menciona as atividades de escrita, visto que é necessário estimular o aluno a escrever, preparando-o para realizar provas de redação, produzir textos, entre outros.

Autores destacam que as sequências de ensino que favorecem os debates e a escrita dos estudantes, pretendem promover a estruturação do pensamento e o registro e produção de conhecimento, bem como ampliar as relações sociais e a linguagem científica. Dessa forma, o desenvolvimento de argumentos, afirmações e justificativas proporciona o aprendizado científico dos estudantes, ou seja, o diálogo e a escrita são atividades complementares e fundamentais para o Ensino de Ciências (CARVALHO et al., 2013; COSTA; NOGUEIRA; CRUZ, 2020; TRIVELATO; TONIDANDEL, 2015).

Alguns docentes referenciam as atividades em grupo, destacando-as como aspecto positivo da sequência didática apresentada e reconhecendo a importância dessa estratégia didática tanto para o docente quanto para o estudante, sobretudo com relação à troca de experiências e seu potencial para a aprendizagem dos conteúdos. Carla, ao explicitar sua vivência em sala de aula, relata acreditar que as atividades em grupo funcionam melhor que as individuais, pois os alunos perdem um pouco do ‘medo’ de errar e passam a desenvolver o conhecimento juntos.

É importante ressaltar que as teorizações de Vygotsky são imprescindíveis para a elaboração das Sequências de Ensino Investigativas, haja vista a importância da construção social do indivíduo para a aprendizagem. Assim sendo, as atividades em grupo criam um ambiente propício para a comunicação e argumentação, o levantamento de hipóteses e a resolução de problemas (CARVALHO et al., 2013; SASSERON; CARVALHO, 2011).

Por ser um material extenso e apresentar diversas imagens coloridas, Júlia e Natali questionam como o produto didático seria disponibilizado aos estudantes: impresso ou em *pdf*; inteiro ou aos poucos. Tal questionamento é coeso, visto que Júlia aponta que algumas escolas podem ter dificuldade em imprimir, especialmente se a impressão for colorida. Em um estudo realizado por Santos (2016), o autor destaca que estas dificuldades podem ser solucionadas pelos próprios docentes, pois as condições físicas dos espaços escolares e falta de recursos como impressora, tinta e papel “não são barreiras intransponíveis” (Ibid., p. 101). Assim, novas alternativas, como disponibilizar o material em meios eletrônicos (*e-mail*, *WhatsApp*, plataformas educacionais), podem ser efetuadas pelos docentes.

Outra preocupação dos docentes acerca do material didático é o tempo de aplicação. Alguns docentes acreditam que o material pode ser aplicado ao longo de um bimestre, outros apontam que por ter muitas atividades, talvez os alunos não consigam ter tempo em aula para respondê-las. Segundo Lima (2015, p. 110), “o trabalho investigativo requer tempo”, isto é, restringir o tempo de atividades em aulas que duram 50 minutos pode prejudicar o desenvolvimento dos alunos.

Interdisciplinaridade

A interdisciplinaridade foi um dos tópicos mais comentados pelos entrevistados, por isso foi escolhida como a segunda categoria de análise. Além de estar em evidência nas falas dos docentes, a interdisciplinaridade é uma característica muito presente na Base Nacional Comum Curricular (BNCC). A BNCC (BRASIL, 2018) propõe que o ensino não deve ser voltado para a transmissão de conhecimentos, mas sim ancorado em competências onde as habilidades centrais serão integradas aos componentes curriculares previamente definidos, que explicitam o compromisso da educação brasileira com a formação humana integral.

Júlia, por exemplo, além de conseguir identificar o caráter interdisciplinar do produto ainda destaca que o material é motivacional por ser interdisciplinar. Natali também acredita que o material apresenta caráter interdisciplinar, por abordar de forma integrada conceitos de química, física e biologia. Carlos, por sua vez, destaca que normalmente as áreas de física,

química e biologia “não conseguem conversar entre si”, mas que no material didático proposto conseguiu identificar a “conversa entre as disciplinas”. Cristiane reforça que este caráter é importante para mostrar aos alunos que os conhecimentos se conectam. Enzo e Carla salientam que esse caráter é interessante, pois relaciona várias áreas do conhecimento, evidenciando que uma coisa está atrelada e depende de outra, que os conceitos ‘conversam’ entre si. Para Talita, a interdisciplinaridade foi um aspecto que se destacou no material, despertando no aluno a relação, a interação e a dependência entre as disciplinas.

A partir das falas dos docentes é possível identificar que a sequência didática apresentada propicia um diálogo entre as Ciências, e que os conceitos precisam estar atrelados para que os alunos tenham o entendimento do processo de fotossíntese. Pois, por ser um tema complexo e que envolve diferentes conceitos, a fotossíntese, muitas vezes, se torna um conteúdo de difícil compreensão para os alunos (LIESENFELD et al., 2015).

Autores advogam que o ensino deve ser interdisciplinar, integrando os atores envolvidos, propiciando o diálogo e a complementação, objetivando a troca de informações em sala de aula (FAZENDA, 2001; SILVA, 2004). Portanto, faz-se necessário uma integração entre os saberes de ciências, para que ocorra cooperação entre as disciplinas e melhor compreensão do processo de fotossíntese.

Diante do exposto, a fala dos entrevistados encontra respaldo nas teorizações que apontam a interdisciplinaridade como fator influente na melhoria dos processos de ensino (BAZZO, 2010; LABURÚ; ARRUDA; NARDI, 2003), bem como nos documentos oficiais: BNCC e PCN+ do Ensino Médio (BRASIL, 2018, 2002), que propõem o ensino integrado entre as áreas da ciência.

Contextualização

A terceira categoria de análise que se destaca nesta pesquisa é a contextualização, pois foi um tópico recorrente nas entrevistas e é uma característica que está em evidência na BNCC. Segundo a BNCC (BRASIL, 2018), os currículos precisam considerar o contexto e as características dos alunos, isto é:

Contextualizar os conteúdos dos componentes curriculares, identificando estratégias para apresentá-los, representá-los, exemplificá-los, conectá-los e torná-los significativos, com base na realidade do lugar e do tempo nos quais as aprendizagens estão situadas (BRASIL, 2018, p. 16).

Autores (KATO; KAWASAKI, 2011; REGO, 2001), recomendam, do ponto de vista didático, o uso de exemplos presentes no cotidiano dos alunos como recurso de ensino, uma vez que a contextualização do ensino “se propõe a situar e relacionar os conteúdos escolares a diferentes contextos de sua produção, apropriação e utilização” (KATO; KAWASAKI, 2011, p. 36).

Segundo Carlos, a reportagem utilizada no material é interessante pois abordou uma realidade local. Cristiane, por sua vez, comenta que o material vai despertar a curiosidade dos alunos, pois apresenta atividades que estão no cotidiano deles, como o arco-íris, que pode ser observado no dia a dia e a própria fotossíntese que está presente na vida deles. Para Enzo, as questões dos questionários são interessantes, uma vez que estão relacionadas com o cotidiano dos alunos. Carla comenta que achou o material interessante, pois foi muito bem contextualizado, principalmente na parte que contextualiza física, biologia e química. Talita achou importante trazer essa realidade para o aluno, destacou ainda a aula teórica dialogada sobre painel solar por ser “uma realidade mais próxima do que a gente imagina, daqui a pouco vai estar todo mundo usando”.

Tais falas respaldam-se nas teorizações de Sasseron e Carvalho (2008), ao afirmarem a importância de os alunos se confrontarem, no decorrer das aulas, com problemas autênticos, cujas soluções estão atreladas ao processo investigativo, analisando as falas dos entrevistados evidencia-se a presença da contextualização em diversas atividades propostas no material didático apresentado.

É prudente ressaltar que Carla destacou em diversos momentos da entrevista a contextualização social do material didático. Para a docente o material poderia ter mais atividades na etapa de contextualização social, sugerindo acrescentar atividades que evidenciem mais a relação entre o conteúdo e o cotidiano dos estudantes, seja por meio de outra reportagem; artigo curto ou construindo placas fotovoltaicas com os estudantes.

Segundo Carvalho e colaboradores (2013, p. 16-17), as atividades de contextualização social podem ser feitas a partir de textos, questionamentos, recortes de revistas, jogos, vídeos curtos, entre outros. Na atividade de contextualização é ideal apresentar “aplicações interessantes do conteúdo que está sendo desenvolvido ou mesmo um aprofundamento em que serão introduzidos novos conceitos correlatos importantes para o desenvolvimento de novas SEIs” (Ibid., p. 17). Além disso, é importante planejar esse momento de contextualização como uma atividade investigativa, proporcionando um ambiente no qual os estudantes discutam e exponham aos seus colegas suas ideias e entendimentos.

Diversidade de recursos didáticos

Os docentes destacaram no decorrer das entrevistas a diversidade de recursos presente na sequência didática apresentada. Para Júlia, os vídeos são curtos e explicativos e o simulador *Phet* é uma nova tecnologia, assim, são recursos ideais para os alunos. Natali, Carlos, Carla e Talita comentam que o material possui uma diversidade de estratégias que proporcionam o aproveitamento pedagógico, como o simulador, os experimentos, questionários com questões discursivas e de vestibular, vídeo, jogo, reportagem e mapa conceitual. Enzo, por sua vez, destaca que as questões de vestibular ajudam no desenvolvimento dos alunos.

De acordo com Carvalho e colaboradores (1998), quando o docente elabora uma proposta que dispõe de recursos que propiciam a investigação, “o aluno deixa de ser apenas um observador das aulas, muitas vezes, expositivas, passando a exercer grande influência sobre ela” (Ibid., p. 42). Além disso, a diversidade de recursos facilita o ensino, pois auxilia o senso de observação e investigação, promovendo a criatividade e a comunicação entre os estudantes (SANTOS, 2016).

Cristiane expõe que os alunos precisam das atividades práticas para despertar a curiosidade e vontade de investigação. Esta fala da docente encontra respaldo nas afirmações de Costa, Nogueira e Cruz (2020, p. 3), pois, segundo as autoras, “as atividades práticas contribuem para despertar o interesse do educando pela aprendizagem, além de favorecer a curiosidade, a imaginação e o senso crítico”, ou seja, quando os docentes utilizam essa ferramenta de ensino de forma adequada, permitem que os estudantes vivenciem o método científico, facilitando a compreensão dos conteúdos.

A utilização dos experimentos na sequência didática foi salientada pelos docentes em diversos momentos das entrevistas. Para Júlia, o experimento pode ser realizado pelos alunos tanto em casa, quanto em sala de aula ou no laboratório. Segundo Natali, os experimentos “são vantajosos para estimular o aluno no aprendizado”. Carlos afirma que o experimento pode ser feito em casa e que o roteiro é acessível, pois quem ler o roteiro consegue realizar o experimento e responder as questões posteriores. Cristiane destaca o experimento como um aspecto positivo do material, visto que os alunos aprendem além do que foi proposto no experimento. Enzo destaca o experimento do “Arco-íris” por ser mais simples de fazer e salienta que a relação entre estudantes e experimentos favorecem a aprendizagem significativa dos conceitos estudados. Talita ‘adorou’ os experimentos, justificando que as perguntas feitas após os experimentos instigam os alunos. Cristiane relata que as atividades práticas são

necessárias aos alunos pois incitam a curiosidade e a vontade de investigação, visto que “os alunos de hoje não são muito curiosos”.

As concepções de Sasseron e Carvalho (2011) corroboram as falas dos docentes. Para as autoras, os professores, durante o planejamento das aulas, precisam buscar criar um ambiente investigativo, mediando os alunos no decorrer do trabalho científico. Costa, Nogueira e Cruz (2020) chamam a atenção para as vantagens de utilizar atividades práticas como experimentos e jogos, seja em sala de aula ou em laboratório de ciências. Para as autoras, quanto mais problematizadora, mais desafiadora a atividade experimental se torna, “possibilitando ao aluno o prazer de fazer descobertas pelo próprio esforço” (Ibid., p. 5).

Durante as entrevistas, Carlos, Cristiane e Talita comentaram que o jogo utilizado é interessante, pois favorece a curiosidade dos estudantes, motivando-os e auxiliando no aprendizado. A partir das concepções expostas por Gomes e Messeder (2014) é possível afirmar que utilizar jogos em sala de aula facilita a compreensão dos estudantes acerca de temas complexos. Segundo os autores, este recurso didático promove a reflexão, o raciocínio lógico, bem como auxilia na socialização dos alunos. Além disso, por meio dos jogos os estudantes desenvolvem diversas habilidades, tais como: cooperação e trabalho em equipe; tomada de decisões e respeito às regras (COSTA; NOGUEIRA; CRUZ, 2020). Nesse sentido, os jogos corroboram tanto para a compreensão dos conceitos científicos, quanto para as interações e relações sociais.

O simulador *Phet* também foi um recurso didático muito comentado pelos docentes ao longo das entrevistas. De forma geral, os docentes apontam que este recurso é muito interessante e motivador. Além disso, ressaltam a importância de utilizar novas tecnologias em sala de aula. Martins, Serrão e Silva (2020), por exemplo, sugerem que utilizar recursos tecnológicos em sala de aula como: simuladores virtuais e vídeos, pode facilitar o processo de aprendizagem, pois tornam as aulas atrativas e proporcionam a participação ativa dos estudantes.

Carlos, Cristiane e Talita destacam também o uso do mapa conceitual no material didático apresentado. Carlos menciona os diversos tipos de mapa conceitual, diferenciando-os. Para Cristiane, o mapa conceitual é um bom recurso didático, pois os alunos gostam. Contrariamente, Talita considera o mapa conceitual como um aspecto negativo do material didático, pois teve dificuldades em aplicá-lo em sala de aula.

Considerando as concepções de Ramos e Bagio (2020), Puhl (2017) e Moreira (2012), o mapa conceitual é uma estratégia pedagógica que visa potencializar a aprendizagem, isto é, por meio da elaboração do mapa conceitual o estudante consegue expressar a rede de relações

conceituais que construíram entre os conhecimentos prévios e os conhecimentos assimilados. Além disso, os estudantes conseguem evidenciar as fragilidades da aprendizagem, o aumento de conceitos e relações entre estes.

Nesse sentido, a SEI elaborada apresenta uma diversidade de recursos didáticos, buscando facilitar o processo de aprendizagem dos estudantes, haja vista que tais recursos são benéficos e necessários para o desenvolvimento dos conceitos estudados.

Potencial atitudinal

A motivação, tão notadamente destacada pelos docentes no decorrer das entrevistas, é perscrutada na literatura sobre atitude, visto que, apesar de serem conceitos distintos, constantemente estão associados, sendo “atitude” formalmente definida em psicologia e objeto de investigação. Segundo autores, existe uma propensão dos docentes relacionarem o entusiasmo dos estudantes para o aprendizado de ciências com a atitude. Além disso, estudos apontam que o interesse e a motivação estão vinculados a atitudes positivas, isto é, estudantes que apresentam atitudes negativas com relação a ciências, muitas vezes, não têm interesse por cursos extras sobre ciência. Assim, a atenuação na atitude e na motivação dos estudantes para com a ciência são semelhantes (VÁZQUEZ ALONSO; MANASSERO, 1995; SIMPSON; OLIVER, 1990).

A experiência vivenciada por Cristiane vai ao encontro com as afirmações dos autores citados anteriormente, haja vista que a docente, no início da entrevista, relatou que, após ministrar aulas práticas, percebeu uma mudança na atitude dos alunos, pois, além de participarem mais das aulas, demonstraram interesse em estudar em faculdades de química e física.

Segundo os docentes entrevistados a proposta didática apresentada possui um grande potencial motivacional (atitudinal) por propor atividades investigativas (individuais ou em grupos) que motivam os estudantes e por utilizar variados recursos didáticos que estimulam a participação nas atividades e o interesse na aprendizagem dos conceitos. De acordo com Nicola e Paniz (2017, p. 375-376), os recursos didáticos podem influenciar diretamente as atitudes motivacionais dos estudantes, ou seja, utilizar recursos didáticos diversificados e apropriados em sala de aula pode provocar atitudes positivas nos estudantes, favorecendo o processo de aprendizagem.

Autores (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980, p. 355; POZO; GOMES CRESPO, 1998, p. 42; POZO, 2002, p. 141) pontuam que fomentar o interesse dos estudantes

em aprender ciências por meio da motivação intrínseca faz com que o aprendizado ocorra pela satisfação do estudante em aprender, assim, os resultados podem ser mais consistentes e duradouros.

Aprendizagem conceitual

Hanrahan (1998) divulgou uma pesquisa sobre motivação, com ênfase no problema da autonomia sugerindo que, quando a motivação para o aprendizado está em pauta, devem ser consideradas relevantes as atividades que valorizam a autonomia dos estudantes. Segundo a autora, a autonomia e o autovalor são apontados como fatores importantes a fim de que haja um comprometimento efetivo com a aprendizagem, visto que, apesar de se sentirem motivados, quando os estudantes possuem baixa autonomia em atividades que estão sob domínio dos docentes, o processo de aprendizagem pode ser prejudicado. Assim, o estudo indica que a autonomia dos estudantes é um aspecto motivacional importante.

Durante a entrevista, Natali destaca que um dos aspectos positivos da proposta didática aqui investigada é colocar o estudante como protagonista do aprendizado, isto é, por meio das atividades investigativas e com auxílio dos diversos recursos didáticos, o estudante é estimulado a refletir e pensar, tendo autonomia e motivação para alcançar o aprendizado. Nesse sentido, Pozo (1998, p. 252) considera que atividades que estimulam a autonomia dos estudantes favorecem uma aprendizagem significativa no ensino.

É válido ressaltar, que o material didático proporciona diversos momentos de autonomia dos estudantes, por exemplo, na escolha dos grupos; na execução dos experimentos, simulador e jogo; na resolução de questões e na elaboração do mapa conceitual. Entretanto, alguns momentos como: decidir os temas, conteúdos e as sequências das etapas a serem trabalhadas, não proporcionam essa liberdade aos estudantes.

Os docentes entrevistados destacam que a fotossíntese é um tema complexo, pois seu processo engloba diversos conceitos, reações químicas, transformações de energia. Entretanto, afirmam, unanimemente, que a SEI apresentada é viável e ideal para estudantes do terceiro ano do ensino médio, isto é, para os docentes entrevistados alunos neste ano de escolaridade são capazes de conectar e assimilar todos os conteúdos propostos no material. Júlia ainda destaca que o conteúdo de funções orgânicas normalmente é ministrado no terceiro ano do ensino médio.

Segundo pesquisas realizadas com enfoque na aprendizagem da fotossíntese (BASSOLI; RIBEIRO; GEVEGY, 2014; KAWASAKI; BIZZO, 2000; LIESENFELD et al.,

2015; ZAGO et al., 2007; ZOMPERO; LABURU, 2011), os estudantes possuem dificuldades na aprendizagem desse tema, apresentando concepções diferentes das aceitas pela comunidade científica. Zompero e Laburu (2011), após identificarem as concepções alternativas que alunos possuem sobre fotossíntese, desenvolveram uma atividade investigativa sobre o tema. Os autores concluíram que a atividade investigativa “favoreceu o engajamento dos alunos e possibilitou-lhes, por meio da utilização de diferentes modos de representação, conectarem as evidências observadas na atividade com o conhecimento científico, permitindo aos estudantes a elaboração de significados” (Ibid., p. 195).

No trabalho realizado por Liesenfeld e colaboradores (2015), os autores apontam que, apesar do processo de fotossíntese ser de difícil compreensão para os estudantes, utilizar um modelo didático interativo, propor questionamentos e diálogos, bem como contextualizar os conteúdos com as situações cotidianas foi vantajoso e eficiente para a aprendizagem dos conceitos. Para os autores, por ser muito complexo, é necessário trabalhar o tema em várias aulas e considerar o que o aluno já sabe sobre este processo.

Portanto, no contexto da pesquisa aqui implementada, é possível inferir que há elementos no material didático proposto potencializadores de aprendizagem significativa. Os docentes entrevistados salientam tal aspecto. Os momentos de explanação teórica, seguidos de vastas aplicações, criam sequências de diferenciação progressiva que, por sua vez, são acompanhados de teorizações mais específicas, gerando momentos de reconciliação integrativa. As concepções alternativas são postas em relevo e as consolidações estão presentes nas atividades, todas com potencial avaliativo.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa fundamenta-se nas dificuldades enfrentadas pelos docentes frente à crise no Ensino de Ciências, posto que a forma fragmentada e abstrata com que os conteúdos são ensinados dificultam a compreensão dos estudantes, comprometendo a associação dos conteúdos às situações cotidianas. Destaca-se nesta pesquisa a fotossíntese e os conceitos a ela relacionados, por ser apontada na literatura como um dos temas que gera muita dificuldade de assimilação por parte dos estudantes, pois é apresentada de forma superficial, desinteressante e fragmentada.

Nesta perspectiva, planejar e ministrar aulas motivadoras, dinâmicas, evidenciando conhecimentos atuais e relacionados ao cotidiano, com o intuito de resgatar o interesse dos estudantes por ciências é um desafio dos docentes. A Sequência de Ensino Investigativa (SEI) é uma abordagem educacional que favorece as ações dos docentes, facilitando o planejamento e a execução das aulas. Assim, nesta pesquisa, foi planejada e elaborada uma SEI interdisciplinar sobre fotossíntese, cujo público-alvo são estudantes do 3º ano do Ensino Médio e almejou-se, então, analisar as contribuições, quanto ao ensino, dessa SEI.

A SEI elaborada foi dividida em sete fases: problematização inicial; composição da luz; pigmentos fotossintetizantes; a energia da fotossíntese; a química da fotossíntese; fotossíntese e seres vivos e; fotossíntese. Inicialmente a SEI buscou identificar os conhecimentos iniciais dos estudantes sobre fotossíntese e expor o problema inicial. Em seguida, foram introduzidos temas mais simples e cotidianos como a luz e pigmentos fotossintéticos. A cada fase estes temas foram relacionados a novos conceitos mais complexos, como energia, reações e transformações químicas. A SEI recorreu a diferentes recursos didáticos: leitura, interpretação e produção de textos, experimentações, simulador, vídeo, jogo e mapa conceitual, a fim de estimular os alunos no processo de aprendizagem dos conceitos. Empregou-se ainda a interdisciplinaridade e a contextualização como estratégias didáticas motivadoras da aprendizagem.

Para produzir uma SEI potencialmente significativa foi necessário conhecer os diferentes enfoques e modelos didáticos no Ensino de Ciências a fim de entender seus pressupostos e metas, analisar os critérios para seleção e organização dos conteúdos, verificar os diferentes tipos de atividades e avaliação, bem como entender e diferenciar as funções do docente e do discente. Além disso, foi imprescindível estudar a Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) de David Ausubel, a Teoria da Aprendizagem de L. S. Vygotsky, e a Teoria da Equilibração de Jean Piaget para fundamentar teoricamente a SEI desenvolvida.

Vale ressaltar que a SEI foi estruturada a partir das etapas propostas por Carvalho e colaboradores (2013): o problema, a sistematização do conhecimento individual e em grupo, a contextualização social e a avaliação. Os autores fundamentaram a SEI a partir dos pressupostos de Piaget e Vygotsky, evidenciando uma complementariedade entre as ideias destes dois teóricos. Seguindo as concepções de Piaget é primordial que o estudante tenha um problema para dar início à construção do conhecimento, assim, o ensino que antes era expositivo passa a propiciar condições para que o aluno raciocine e construa seu conhecimento. A organização do ensino também é um ponto primordial da teoria de Piaget, visto que os conhecimentos se originam a partir de um conhecimento anterior. Diversos pontos da teoria de Vygotsky influenciam uma SEI, dentre eles evidenciam-se: a importância das relações sociais entre os sujeitos, o papel dos docentes como mediadores na aquisição de significados aceitos, a passagem da linguagem cotidiana à linguagem científica. As concepções da Teoria da Aprendizagem Significativa foram pertinentes às atividades da SEI, frente à importância dos conhecimentos prévios e dos processos de diferenciação progressiva e reconciliação integrativa do conhecimento para facilitar a aprendizagem dos estudantes.

A fim de verificar suas potencialidades, a SEI desenvolvida foi exposta à avaliação de docentes de física, química e biologia por meio de entrevistas semiestruturadas. A partir das falas dos entrevistados, destacaram-se as categorias de análise: método de ensino (SEI), interdisciplinaridade, contextualização, diversidade de recursos didáticos, potencial atitudinal e aprendizagem conceitual.

Considerando a fala dos entrevistados, foi possível verificar que a SEI elaborada seguiu as etapas propostas pelos autores, tendo sido bem estruturada, apresentando fases progressivas e bem definidas, com atividades diversificadas, atuais, pertinentes e contextualizadas. Os docentes enfatizaram a importância das atividades investigativas e em grupo para a aprendizagem dos conceitos. A interdisciplinaridade e a contextualização dos conteúdos foram salientadas em diversos momentos das entrevistas e são destaques importantes na BNCC para tentar superar a crise educacional, visto que estas características influenciam positivamente na aprendizagem. A diversidade de recursos foi destacada pelos docentes como ponto positivo do material didático, por propiciar um ambiente mais dinâmico e motivador. Segundo os docentes, o material tem um grande potencial atitudinal e para aprendizagem conceitual.

O tempo de aplicação, a quantidade de textos e de atividades, a necessidade de impressão colorida, bem como de *internet* e recursos tecnológicos (computador) nas escolas foram aspectos que preocuparam os docentes entrevistados, por serem fatores que podem

interferir na aplicação da SEI. No entanto, os docentes salientaram o potencial da SEI para estimular os alunos durante o processo de aprendizagem, contribuir para a interação entre os membros dos grupos e, instigar o uso de uma linguagem mais aceita cientificamente.

A partir da análise das falas dos docentes entrevistados, sobre a SEI desenvolvida, foi notório que as características apontadas por eles como positivas e favoráveis ao ensino de fotossíntese, também são tidas como pertinentes ao ensino pela literatura. Portanto, foi possível corroborar, do ponto de vista docente, as potencialidades do material didático desenvolvido para o ensino de fotossíntese.

Diante do exposto, conclui-se que o docente deve investir em métodos de ensino inovadores e em variados recursos didáticos acessíveis, a fim de motivar o estudante e estimular o desenvolvimento reflexivo e investigativo, além de despertar a curiosidade e a criticidade, apresentando aos alunos atividades que tenham relação com seu cotidiano, favorecendo a aprendizagem significativa dos conceitos e possibilitando o acesso ao conhecimento científico.

REFERÊNCIAS

- ANDRÉ, Marli. O que é um estudo de caso qualitativo em educação?. *Revista FAEEBA Educação e contemporaneidade*, Salvador, v. 22, n. 40, p. 95-103, jul./dez. 2013.
- AUGÉ, Pierre Schwartz. Uma proposta didática diferenciada e a atitude dos alunos frente ao ensino de ciências. Niterói, 2002. 118 p. Dissertação (Mestrado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2004.
- AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. *Psicologia educacional*. Tradução de Eva Nick e outros. 2. ed. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.
- BANDEIRA, Camila Martins da Silva; JORDÃO, Rosana dos Santos. A fotossíntese: estudo das concepções alternativas. 2012 Disponível em: <http://abrapecnet.org.br/atas_enpec/viiiienpec/resumos/R0335-1.pdf> Acesso em: 02 de jul. de 2019
- BASSOLI, Fernanda; RIBEIRO, Fabiana; GEVEGY, Rafaella. Atividades práticas investigativas no ensino de ciências: trabalhando a fotossíntese. *Ciência em Tela*. v7, n1, 2014. Disponível em: <<http://www.cienciaemtela.nutes.ufrj.br/artigos/0701sa01.pdf>>. Acesso em: 02 de jul. de 2019.
- BATISTA, Cleide Vitor Mussini. Os caminhos para a formação de professor: a reflexão como um elemento estruturador. *Revista de Educação*, v. 6, n. 12, jul./dez., p. 149-162, 2011. Disponível em: <<http://docplayer.com.br/61338834-Os-caminhos-para-a-formacao-de-professores-a-reflexao-como-um-elemento-estruturador.html>> Acesso em: 02 de jul. de 2019.
- BAZZO, Walter Antônio. Ciência, tecnologia e sociedade e o contexto da educação tecnológica. 2. ed. Florianópolis: UFSC, 2010.
- BOGDAN, R. C.; BIKLEN, S. K. Investigação qualitativa em educação: uma introdução à teoria a aos métodos. Tradução de Maria João Alvarez, Sara Bahia dos Santos e Telmo Mourinho Baptista. Porto: Porto Editora, 1994. 337 p.
- BONETI, Pércio; BOHM, Franciele Zanardo. A metodologia Investigativa como ferramenta para propor experimentos científicos. Paraná. *Cadernos PDE*, v. 1, 2014. Disponível em: <http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/cadernospde/pdebusca/producoes_pde/2014/2014_unespar-paranavai_cien_artigo_percio_boneti.pdf>. Acesso em: 30 de maio de 2019.
- BORGES, Antônio Tarciso. Novos rumos para o laboratório escolar de Ciências. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 19, n. 3, p. 291-313, dez. 2002. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6607/6099>> Acesso em: 30 de jun. de 2019.
- BRASIL. *Base Nacional Comum Curricular*. Brasília: Ministério da Educação, 2018.
- _____. Ministério da Educação. Guia de livros didáticos PNLD 2008: Ciências. Ministério da Educação. Brasília: MEC, 2007.

_____. *Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio*. Brasília: Ministério da Educação, 2000.

_____. *Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio*. Brasília: Ministério da Educação, 2002.

BRITO, Antônia. Edna. *Formar professores: discutindo o trabalho e os saberes docentes*. In: MENDES SOBRINHO, J. A. de C; CARVALHO, M. A. de (Org.). *Formação de professores e práticas docentes: olhares contemporâneos*. Belo Horizonte: Autêntica, 2006.

BRITO, Bruno Siqueira de Lemos Gonçalves; REGO, Sheila Cristina Ribeiro. *Atividades investigativas no ensino de física: avaliação do desenvolvimento de habilidades*. In: LIMA, Maria Socorro Lucena et al. (Org.). *Didática e a prática de ensino na relação com a escola*. 2013. (Coleção Práticas Educativas) Fortaleza – CE: EdUECE, 2015. p. 1141-1152.

Disponível em: < <http://uece.br/endipe2014/ebooks/livro1/134-%20Atividades%20investigativas%20no%20ensino%20de%20F%C3%ADsica%20avalia%C3%A7%C3%A3o%20do%20desenvolvimento%20de%20habilidades.pdf>>. Acesso em: 21 de maio de 2019.

CARRAHER, David William. et al. *Caminhos e descaminhos no ensino de Ciências*. *Ciência de Cultura*, v. 37, n.6, p. 889-896, 2012.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa de et al. *Ensino de Ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula*. In: Anna Maria Pessoa de Carvalho (org.). *Ensino de Ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula*. São Paulo: Cengage Learning, 2013. p. 01-21.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa de et al. *Ensino de Ciências: unindo a pesquisa e a prática*. In: Anna Maria Pessoa de Carvalho (org.). *Ensino de Ciências: unindo a pesquisa e a prática*. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004.

CARVALHO, A. M. P., GIL-PÉREZ, D. *Formação de Professor de Ciências*. 10. Ed. São Paulo: Cortez, 2011

COSTA, Tayse Pereira Alves; NOGUEIRA, Cristiane Silveira Mendes; CRUZ, Alenice Ferreira. *As atividades práticas no ensino de ciências: limites e possibilidades sobre o uso desse recurso didático no processo de ensino-aprendizagem*. *Revista Macambira*, v. 4, n. 2, 2020.

FAZENDA, Ivani (org.). *Práticas Interdisciplinares na Escola*. São Paulo: Cortez, 2001.

FREIRE, Paulo. *Pedagogia da Autonomia: saberes necessários à prática docente*. São Paulo: Paz e Terra, 2011.

GAUTHIER, C. *Por uma teoria da Pedagogia: pesquisas contemporâneas sobre o saber docente*. 3. ed. Ijuí: Unijuí, 2013.

GASKELL, George. *Entrevistas individuais e grupais*. In: BAUER, M. W.; GASKELL, G. *Pesquisa qualitativa com texto, imagem e som: um manual prático*. Tradução de Pedrinho A. Guareschi. 7. ed. Petrópolis, RJ: Vozes, 2008. p. 63-89.

GIL PÉREZ; D., MONTORO, I. F., ALÍS; J. C., CACHAPUZ, A. & PRAIA; J. *Por uma*

imagem não deformada do trabalho científico. *Ciência & Educação*, v. 7, n. 2, p. 125-153, 2001. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/ciedu/v7n2/01.pdf>> Acesso em 28 de dez de 2019

GOMES, Luciana Maria de Jesus Baptista; MESSEDER, Jorge Cardoso. Fotossíntese e Respiração Aeróbica: vamos quebrar a cabeça? Proposta de Jogo. *Revista de Ensino em Bioquímica*, v. 12, n. 2, 2014. Disponível em: <<http://bioquimica.org.br/revista/ojs/index.php/REB/article/view/317/453>> Acesso em: 6 de dez. de 2019.

GONZALEZ, Félix Hilario Diaz. *Fotossíntese*. Rio Grande do Sul, [s.d]. Disponível em: <<https://www.ufrgs.br/lacvet/restrito/pdf/fotossintese.pdf>>. Acesso em: 20 de jul. de 2019.

GUIMARÃES, Osvaldo; PIQUEIRA, José Roberto; CARRON, Wilson. *Mecânica*. V.1. 2. ed. São Paulo: Ática, 2017.

HANRAHAN, MATY. The effect of learning environment factors on students' motivation and learning. *International Journal of Science Education*, v. 20, n. 6, p. 737-753, 1998.

INSTITUTO ABRAMUNDO. ILC- Índice de letramento científico: Sumário executivo de resultados 2014. São Paulo, 2014. Disponível em: < <http://www.abc.org.br/2014/08/26/instituto-abramundo-lanca-o-indicador-de-letramento-cientifico-ilc/> > Acesso em: 20 de jul. de 2019;

KATO, Danilo Seithi; KAWASAKI, Clarice Sumi. As concepções de contextualização do ensino em documentos curriculares oficiais e de professores de ciências. *Ciência & Educação* (Bauru), v. 17, n. 1, p. 35-50, 2011.

KAWASAKI, Clarice Sumi; BIZZO, Nelio Marco Vincenzo. Fotossíntese: um tema para o ensino de Ciências?. *Química Nova na Escola*, n.12, nov. 2000. Disponível em: < <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc12/v12a06.pdf> >. Acesso em: 5 de jun. de 2019.

KRAUSZ, Mônica. Onde as disciplinas se encontram. *Revista Educação*, 2011. Disponível em: < <https://revistaensinosuperior.com.br/onde-as-disciplinas-se-encontram/>>. Acesso em: 05 de jun. de 2019.

LABURÚ, C.E.; ARRUDA, S.M.; NARDI, R. Pluralismo metodológico no ensino de Ciências. En R.Gadelha (Ed.), *Ciência & Educação*. Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência (247-260). Bauru: UNESP, 2003.

LE MOS, Evelyse dos Santos. A aprendizagem significativa: estratégias facilitadoras e avaliação. *Revista/Meaningful Learning Review*, v. 1 (1), p. 25-35, 2011. Disponível em: < https://www.arca.fiocruz.br/bitstream/icict/16653/2/evelyse2_lemos_IOC_2011.pdf > Acesso em: 26 de jun. de 2020.

LIBÂNEO, Jose Carlos. *Organização e gestão da escola: teoria e prática/* José Carlos Libâneo. 5. ed. revista e ampliada – Goiânia: MF Livros, 2008, p. 29-91.

LIESENFELD, Vanessa; ARFELLI, Vanessa Cristina; SILVA, Thomas Machado da; OLIVEIRA, Juliana Moreira Prudente de. Fotossíntese: utilização de um modelo didático interativo para o processo de ensino e aprendizagem. *Revista de Ensino de Bioquímica*, Paraná. v.13, n.1, fev. 2015. Disponível em:

<<http://bioquimica.org.br/revista/ojs/index.php/REB/article/view/313>> Acesso em: 02 de ago. de 2019.

LIMA, Daniela Bonzanini de. O ensino investigativo e suas contribuições para a aprendizagem de Genética no ensino médio. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Ciências Biológicas) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre-RS, 2012. Disponível em: <http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/72341> Acesso em: 21 de maio de 2019.

LIMA, Vania Moreira. Uma sequência de ensino investigativa em aulas de ciências do 9º ano de uma escola pública: reflexões e apontamentos sobre o aprendizado de conceitos, procedimentos e atitudes. 2015. 143 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências) – Instituto de Ciências Exatas e Biológicas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto-MG. 2015. Disponível em: <<http://www.repositorio.ufop.br/handle/123456789/5681>>. Acesso em: 30 de jun. de 2019.

LOPES, Lourival da Silva. *A Construção da prática pedagógica do professor: saberes e experiência profissional*. 2010. Disponível em: <http://leg.ufpi.br/subsiteFiles/ppged/arquivos/files/VI.encontro.2010/GT_02_01_2010.pdf > Acesso em: 2 de jun. de 2019.

MARTINS, S. O.; SERRÃO, C. R. G.; SILVA, M. D. de B.; REIS, A. S. dos. O uso de simuladores virtuais na educação básica: uma estratégia para facilitar a aprendizagem nas aulas de química. *Revista Ciências & Ideias* ISSN: 2176-1477, v. 11, n. 1, p. 216-233, 2020.

MEDEIROS, Simone Corrêa dos Santos; COSTA, Maria de Fátima Barrozo; LEMOS, Evelyse dos Santos Lemos. O ensino e a aprendizagem dos temas fotossíntese e respiração: práticas pedagógicas baseadas na aprendizagem significativa. *Revista Electrônica de Enseñanza de las Ciencia*, v. 8, n. 3, 2009. Disponível em: <http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen8/ART9_Vol8_N3.pdf> Acesso em: 2 de ago. de 2019.

MENDONÇA, Vivian L. Biologia: ecologia, origem da vida e biologia celular, embriologia e histologia. Editora AJS. São Paulo. v 1. 3. ed, p. 195-196, 2016. (Coleção biologia)

MORAN, José Manuel. O vídeo na sala de aula. *Comunicação & Educação*, n. 2, p. 27-35, 1995.

MOREIRA, Catarina. Fotossíntese. *Revista de Ciência Elementar*. v1. n1. 2013. Disponível em: <<http://doi.org/10.24927/rce2013.005>>. Acesso em: 5 de jul. de 2019.

MOREIRA, Marco Antônio. Aprendizagem significativa: um conceito subjacente. Aprendizagem Significativa em *Revista/Meaningful Learning Review*, Porto Alegre – RS: v. 1 (3), p. 25-46, 2011. Disponível em: <https://lief.if.ufrgs.br/pub/cref/pe_Goulart/Material_de_Apoio/Referencial%20Teorico%20-%20Artigos/Aprendizagem%20Significativa.pdf> Acesso em: 2 de ago. de 2019.

_____. Grandes desafios para o ensino da Física na educação contemporânea. *Revista do Professor de Física*, v. 1, n. 1, 2014. Disponível em: <http://www.if.ufrj.br/~pef/aulas_seminarios/seminarios/2014_Moreira_DesafiosEnsinoFisica.pdf>. Acesso em: 29 de mai. de 2019.

_____. Mapas conceituais e aprendizagem significativa. Instituto de Física – UFRGS. Porto Alegre – RS. 2012. Disponível em: <<http://moreira.if.ufrgs.br/mapasport.pdf>>. Acesso em: 26 de jun de 2020.

_____. Pesquisa básica em educação em Ciências: uma visão pessoal. *Revista Chilena de Educación Científica*, Porto Alegre – RS: n. 3 (1), p. 10-17, 2004. Disponível em: <<https://www.if.ufrgs.br/~moreira/Pesquisa.pdf>> Acesso em: 22 de julho de 2019.

_____. *Teorias de Aprendizagem*. São Paulo: EPU., 1999.

____.; ROSA, P. R. S. Pesquisa em Ensino: Métodos Qualitativos e Quantitativos. Subsídios Metodológicos para o Professor Pesquisador em Ensino de Ciências. Porto Alegre: UFRGS, 2016.

NASCIMENTO, Ana Flávia Loureiro Martins et. al. QuimiTour – Uma viagem do átomo à energia. Uma experiência do PIBID/QUÍMICA/UENF no Colégio Estadual José Francisco de Salles para a iniciação da Alfabetização Científica. *Revista de Extensão da UENF*, Campos dos Goytacazes, RJ, v.2, n.4, p. 29-43, dez. 2016. Disponível em: <https://issuu.com/revistaextensaouenf/docs/revista_extensao_n4_uenf_issuu>. Acesso em: 05 de jun. de 2019.

NICOLA, Jéssica Anese; PANIZ, Catiane Mazocco. A importância da utilização de diferentes recursos didáticos no ensino de biologia. *Infor, Inov. Form., Rev. NEAD-Unesp*, São Paulo, v. 2, n. 1, p. 355-381, 2016. ISSN 2525-3476.

OLIVEIRA, N. F. de. *Óptica*. Sistema COC de Ensino: Ribeirão Preto, 2018.

OKADA, Ana. Linhas pedagógicas: veja como elas funcionam e qual tem mais a ver com seu filho. *UOL Educação* São Paulo. 2009. Disponível em: <<https://educacao.uol.com.br/noticias/2009/08/25/linhas-pedagogicas-veja-como-elas-funcionam-e-qual-tem-mais-a-ver-com-seu-filho.htm>>. Acesso em: 08 de jun. de 2019.

PERCEPÇÃO PÚBLICA DA C&T. Percepção pública da c&t no Brasil 2015. Disponível em: <<http://percepcaocti.cgee.org.br/>>. Acesso em: 29 de mai. de 2019.

PIAGET, Jean; INHELDER, Barbel. A psicologia da criança. RJ: Bertrand Brasil, 2002.

PETRAGLIA, Izabel Cristina. Edgar Morin: a educação e a complexidade do ser e do saber. Petrópolis: Vozes, 1995

POZO, Juan Ignacio. Aprendizes e mestres. A nova cultura da aprendizagem. Trad. Ernani Rosa. Porto Alegre: Artmed, 2002.

POZO, Juan Ignacio. *Teorias cognitivas da aprendizagem*. Tradução de Juan Acuna Llorens, 3. ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 1998. cap. 6, p. 177-222.

POZO, Juan Ignacio; GÓMEZ CRESPO, Miguel Ángel. A aprendizagem e o ensino de ciências: do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico. **Porto Alegre: Artmed**, v. 5, p. 5, 2009.

PUHL, Neiva Mara. Atividades investigativas no estudo da termodinâmica: incentivando a autonomia do estudante. 2017. Dissertação (Mestrado) – Curso de Ensino de Ciências Exatas,

Universidade do Vale do Taquari - Univates, Lajeado, 13 dez. 2017. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10737/2154>>. Acesso em: 12 de fev. de 2021.

RAMOS, Raylen Pereira de; BAGIO, Viviane Aparecida. Mapas conceituais no ensino de ciências: uma estratégia potencialmente significativa para o processo didático. *Revista Exitus*, v. 10, p. 35-50, 2020.

REGO, Teresa Cristina. Vygotsky: Uma perspectiva histórico-cultural da educação. 12^a ed., Editora Vozes: Petrópolis, 2001.

RIBEIRO, João Rafael; SILVA, Sani de Carvalho Rutz; KOSCIANSKI, André. Organizadores prévios para aprendizagem significativa em física: o formato curta de animação. *Revista Ensaio*, Belo Horizonte – MG: v. 14, n. 03, p. 167-183, set-dez, 2012. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/epec/v14n3/1983-2117-epec-14-03-00167.pdf>> Acesso em: 25 de jul. de 2019.

SANTOMAURO, Beatriz. O que ensinar em Ciências. *Nova Escola*, 2009. Disponível em: <<https://novaescola.org.br/conteudo/48/o-que-ensinar-em-ciencias>>. Acesso em: 06 de jun. de 2019.

SANTOS, Roziane Aguiar. *O desenvolvimento de Sequências de Ensino Investigativas como forma de promover a Alfabetização Científica dos alunos dos Anos Iniciais do Ensino Fundamental*. 2016. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Formação de Professores da Educação Básica) – Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus – Bahia, 2016. Disponível em: <<http://www.biblioteca.uesc.br/biblioteca/bdtd/201420650D.pdf>>. Acesso em: 30 de jun. de 2019.

SANTOS, Débora Filgueira dos; MARIA, Ligia Esteves; RIBEIRO, Thalita Rodrigues; AZEREDO FILHO, Ubirajara Gomes de; MEQUELIN, Awdry Feisser. Interdisciplinaridade e potencialização do ensino de física no ensino médio. In: XII Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, 2011, Foz do Iguaçu. Disponível em: <http://www.dafis.ct.utfpr.edu.br/pibid/documentos/T1807-1_Interdisciplinaridade.pdf> Acesso em: 31. de mai. de 2019.

SASSERON, Lucia Helena. Alfabetização científica na prática: inovando a forma de ensinar Física/ Lucia Helena Sasserón; Vitor Fabrício Machado Souza, coordenação Maurício Pietrocola Pinto de Oliveira – 1. Ed. – São Paulo. Editora Livraria da Física, 2017- (Série Professor Inovador).

_____. Alfabetização científica, ensino por investigação e argumentação: relações entre ciências da natureza e escola. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, Belo Horizonte-MG, v. 17, n. spe, p. 49-67, 2015. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/epec/v17nspe/1983-2117-epec-17-0s-00049.pdf>>. Acesso em: 05 de jun. de 2019.

_____; CARVAHO, Anna Maria de Pessoa. Construindo argumentação na sala de aula: a presença do ciclo argumentativo, os indicadores de alfabetização científica e o padrão de Toulmin. *Ciência e Educação*, Bauru, v. 17, n. 1, p. 97-114, 2011.

SCHRAM, Sandra Cristina; CARVALHO, Marco Antonio Batista. O Pensar Educação em Paulo Freire - Para uma Pedagogia de mudanças. [s.d.]. Disponível em: <<http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/pde/arquivos/852-2.pdf>> Acesso em: 05 de jun. de 2019.

SHON, Donald. *Os professores e sua formação*. Coord. De Névoa; Lisboa, Portugal, Dom Quixote, 1997.

SILVA, Ítalo Batista da. Uma pedagogia Multidisciplinar, Interdisciplinar ou Transdisciplinar para o Ensino/Aprendizagem da Física. In: 2º CONGRESSO BRASILEIRO DE EXTENSÃO UNIVERSITÁRIA BELO HORIZONTE. 2004. Disponível em: <<https://www.ufmg.br/congrest/Educa/Educa173.pdf>>. Acesso em: 29 de mai. de 2019.

SIMPSON, Ronald D.; OLIVER, J. Steve. A summary of major influences on attitude toward and achievement in science among adolescent students. *Science education*, v. 74, n. 1, p. 1-18, 1990.

SOUZA, Vitor Fabrício Machado. *A importância da pergunta na promoção da alfabetização científica dos alunos em aulas investigativas de Física*. 2012. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) - Ensino de Ciências (Física, Química e Biologia), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/81/81131/tde-20042012-145959/pt-br.php>>. Acesso em: 29 de mai. de 2019.

TAIZ, Lincoln; ZEIGER, Eduardo. *Fisiologia Vegetal*. 3ª ed. Artmed. 2006

TARDIF, Maurice. Saberes docentes e formação profissional. Petrópolis, RJ: Vozes, 2014.

TRIVELATO, Sílvia Luzia Frateschi; TONIDANDEL, Sandra Maria Rudella. Ensino por investigação: eixos organizadores para sequências de ensino de biologia. *Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências (Online)*, v. 17, p.97-114, 2015. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/epec/v17nspe/1983-2117-epec-17-0s-00097.pdf>> Acesso em: 29 de jul. de 2019.

TRIVIÑOS, A. N. S. Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação. São Paulo: Atlas, 1987.

VÁZQUEZ ALONSO, A.; MANASSERO MAS, M. A. Actitudes relacionadas con la ciencia: una revisión conceptual. *Enseñanza de las Ciencias*, Barcelona/Valência: U. Barcelona/U. Valência, v. 13, n. 3, p. 337-346, 1995.

YAMAMOTO, Kazuhito; FUKU, Luiz Felipe. Física para o ensino médio: mecânica. v. 1. 4. ed., São Paulo: Saraiva, 2016.

ZAGO, Leciana de Menezes et. al. Fotossíntese: Concepções dos Alunos do Ensino Médio de Itumbiara-GO e Buriti-Alegre-GO. *Revista Brasileira de Biociências*, Porto Alegre, v. 5, supl. 1, p. 780-782, jul. 2007. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/seerbio/ojs/index.php/rbb/article/view/831/660>> Acesso em: 2 de ago. de 2019.

ZOMPERO, Andréia de Freitas; LABURU, Carlos Eduardo. Significados de fotossíntese apropriados por alunos do ensino fundamental a partir de uma atividade investigativa mediada por multimodos de representação. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 16 (2), p. 179-199, 2011. Disponível em: < <https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/226/158>> Acesso em: 20 de jul. de 2019.

APÊNDICES

APÊNDICE A – ROTEIRO DA ENTREVISTA

1. Faça um comentário geral sobre o material didático apresentado.
2. Faça um comentário geral sobre seu caráter interdisciplinar.
3. O material didático foi concebido para ser aplicado ao final do terceiro ano do ensino médio. Comente este aspecto.
4. Comente sobre a estrutura do material e sobre os recursos utilizados.
5. Com relação ao nível de dificuldade, poderia tecer algum comentário?
6. O que você diria sobre o potencial dele para a aprendizagem dos conteúdos?
7. O que você diria sobre seu potencial motivacional?
8. Poderia destacar aspectos positivos do ponto de vista do ensino?
9. Poderia destacar aspectos negativos do ponto de vista do ensino?
10. Faça um comentário final conclusivo.

APÊNDICE B – PRODUTO EDUCACIONAL

APRESENTAÇÃO

Caro(a) educador(a),

Este material didático foi preparado como uma Sequência de Ensino Investigativa (SEI), com o objetivo de facilitar o aprendizado de Ciências de alunos do 3º ano do ensino médio. A temática principal desta SEI é o estudo da fotossíntese. A SEI aqui desenvolvida está dividida em sete fases que seguem as etapas propostas por Carvalho e colaboradores (2013): o problema, a sistematização do conhecimento, a contextualização social do conhecimento e a atividade de avaliação.

A SEI possui 13 atividades investigativas que se fundamentam nas ideias defendidas pela Teoria da Aprendizagem Significativa (TASC) de David Ausubel, isto é, buscam verificar as concepções prévias do aluno e viabilizar a diferenciação progressiva e a reconciliação integradora dos conceitos, bem como promover uma aprendizagem significativa.

As atividades propostas fazem uso de diversos recursos, tais como: experimentos, simulador, vídeo, jogo e mapa conceitual. Além disso, valorizam a interdisciplinaridade e a contextualização social. Assim, a SEI pode ser aplicada tanto em sala de aula, quanto em ambientes não formais.

Espero que a SEI possa propiciar momentos de aprendizado para você e seu aluno. Bom trabalho!

Ana Laura L. Martins Nascimento

SUMÁRIO

AS SEQUÊNCIAS DE ENSINO INVESTIGATIVAS.....	130
ROTEIRO DO PROFESSOR	131
GABARITO	133
FASE 1: PROBLEMATIZAÇÃO INICIAL	136
FASE 2: COMPOSIÇÃO DA LUZ.....	139
FASE 3: OS PIGMENTOS FOTOSSINTETIZANTES	147
FASE 4: A ENERGIA DA FOTOSSÍNTESE	155
FASE 5: A QUÍMICA DA FOTOSSÍNTESE	164
FASE 6: FOTOSSÍNTESE E SERES VIVOS	171
FASE 7: FOTOSSÍNTESE	173
APÊNDICE I – Tutorial Simulador PhET.....	177
APÊNDICE II – Mapa Conceitual.....	180
APÊNDICE III – Ficha para imprimir com os elementos da equação do jogo	182

AS SEQUÊNCIAS DE ENSINO INVESTIGATIVAS¹⁷

O que são as Sequências de Ensino Investigativas?

As Sequências de Ensino Investigativas (SEI) buscam facilitar a compreensão dos conceitos científicos por meio da realização de atividades investigativas em sala de aula. Para Carvalho e colaboradores (2013), a SEI proporciona aos alunos momentos para questionamentos, diálogos, testes de hipóteses, criação de argumentos, trocas de informações e sistematização de ideias.

As atividades da SEI partem de um problema inicial contextualizado, almejando instigar o interesse dos estudantes na procura de uma solução. Tal problema inicial pode ser proposto por meio de atividades experimentais ou não experimentais (reportagens, vídeos, textos).

Etapas da SEI

Carvalho e colaboradores (2013) definem 4 etapas principais para seu desenvolvimento: o problema, a sistematização do conteúdo, a contextualização social e a atividade de avaliação.

O problema

- O problema inicial de uma SEI pode ser experimental, não experimental, demonstração investigativa, problema aberto ou leitura investigativa. O ideal é conter questionamentos e envolver o estudante no tema que será abordado. O problema inicial também busca diagnosticar as concepções prévias dos alunos acerca do tema. Nesta etapa, a função do professor é mediar e questionar.

Sistematização do conteúdo

- Os conteúdos devem ser organizados para que haja a total compreensão do tema e do problema apresentado, buscando ampliar o diálogo entre os estudantes e introduzindo a visão científica.

Contextualização social

- Esta etapa almeja que os estudantes relacionem o problema investigado com o problema social (ou tecnológico), isto é, deseja-se que os estudantes consigam articular a conceituação científica com situações reais do cotidiano.

Avaliação

- Além das atividades formais de avaliação devem ser reavaliados os conteúdos processuais e atitudinais dos estudantes por meio de observações das ações e dos resultados obtidos tanto individualmente quanto em grupo.

¹⁷ CARVALHO, Anna Maria Pessoa de et al. Ensino de Ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula. In: Anna Maria Pessoa de Carvalho (org.). São Paulo: Cengage Learning, 2013. p. 01-21.

ROTEIRO DO PROFESSOR

A seguir será apresentada uma síntese das etapas da SEI, evidenciando cada atividade investigativa, bem como tempo estimado e sugestões de aplicação.

Fase 1: Problematização inicial

1ª atividade investigativa: questionário inicial

Tempo estimado: 50 minutos.

Sugestão de aplicação: individual e sem consulta, de forma escrita (impressa ou pelo *Google* formulário).

2ª atividade investigativa: problema inicial

Tempo estimado: 50 minutos.

Sugestão de aplicação: dividir a turma em grupos para a leitura de trechos de reportagens que citam desastres ambientais. Gerar questionamentos e diálogos entre os estudantes.

Fase 2: Composição da luz

3ª atividade investigativa: experimento/questões

Tempo estimado: 50 minutos.

Sugestão de aplicação: dividir a turma em equipes e apresentar a situação-problema inicial. Distribuir o material do experimento e mediar as atividades, propondo questionamentos e debates entre os alunos. Exercícios em grupo e sem consulta.

4ª atividade investigativa: aula teórica dialogada/questões

Tempo estimado: 100 minutos.

Sugestão de aplicação: apresentação de conteúdo com o uso de quadro branco ou slides. Resolução de exercícios individual e sem consulta, de forma escrita (impressa ou pelo *Google* formulário).

Fase 3: Pigmentos fotossintetizantes

5ª atividade investigativa: experimento/questões

Tempo estimado: 50 minutos.

Sugestão de aplicação: dividir a turma em equipes e apresentar a situação-problema inicial. Distribuir o material do experimento e mediar as atividades, propondo questionamentos e debates entre os alunos. Exercícios em grupo e sem consulta.

6ª atividade investigativa: aula teórica dialogada/questões

Tempo estimado: 100 minutos.

Sugestão de aplicação: apresentação de conteúdo com o uso de quadro branco ou slides. Resolução de exercícios individual e sem consulta, de forma escrita (impressa ou pelo *Google* formulário).

Fase 4: A energia da fotossíntese

7ª atividade investigativa: aula teórica dialogada/questões

Tempo estimado: 100 minutos.

Sugestão de aplicação: apresentação de conteúdo com o uso de quadro branco ou slides. Exercícios: individual e sem consulta, de forma escrita (impressa ou pelo *Google* formulário).

8ª atividade investigativa: simulador/questões

Tempo estimado: 50 minutos.

Sugestão de aplicação: dividir a turma em equipes e propor a utilização do simulador *Phet*: Formas de energia e transformações¹⁸. Nesta atividade, o docente deve propor questionamentos e debates entre os alunos, contextualizando com o cotidiano dos estudantes. Exercícios em grupos, de forma escrita (impressa ou pelo *Google* formulário).

Fase 5: A química da fotossíntese

9ª atividade investigativa: vídeo/questões

Tempo estimado: 50 minutos.

Sugestão de aplicação: apresentar o vídeo “Fotossíntese” para a turma. Exercícios: individual e sem consulta, de forma escrita (impressa ou pelo *Google* formulário).

10ª atividade investigativa: aula teórica dialogada/questões

Tempo estimado: 100 minutos.

Sugestão de aplicação: apresentação de conteúdo com o uso de quadro branco ou slides. Exercícios: individual e sem consulta, de forma escrita (impressa ou pelo *Google* formulário).

Fase 6: Fotossíntese e seres vivos

11ª atividade investigativa: aula teórica dialogada/questões

Tempo estimado: 100 minutos.

Sugestão de aplicação: apresentação de conteúdo com o uso de quadro branco ou slides. Exercícios: individual e sem consulta, de forma escrita (impressa ou pelo *Google* formulário).

¹⁸ O Apêndice I deste material é um tutorial sobre o *Phet*.

Fase 7: Fotossíntese

12ª atividade investigativa: jogo

Tempo estimado: 50 minutos.

Sugestão de aplicação: Explicar as regras do jogo, distribuir o material e dividir os alunos em equipes para realizá-lo.

13ª atividade investigativa: avaliação final/mapa conceitual

Tempo estimado: 100 minutos.

Sugestão de aplicação: avaliação final individual e sem consulta, de forma escrita (impressa ou pelo *Google* formulário). Fazer uma breve explicação de como elaborar o mapa conceitual¹⁹ citando exemplos. Elaboração do mapa conceitual individual e sem consulta.

GABARITO**Fase 2: Composição da luz**

3ª atividade investigativa: experimento/questões

1- Discursiva; 2- Discursiva.

Fase 3: Pigmentos fotossintetizantes

5ª atividade investigativa: experimento/questões

1- Discursiva; 2- Discursiva.

6ª atividade investigativa: aula teórica dialogada/questões

1- Discursiva; 2- letra e; 3- Discursiva; 4- letra d; 5- letra e.

Fase 4: A energia da fotossíntese

7ª atividade investigativa: aula teórica dialogada/questões

1- Discursiva; 2- letra e; 3- Discursiva.

8ª atividade investigativa: simulador/questões

1- Discursiva; 2- Discursiva; 3- letra a.

Fase 5: A química da fotossíntese

9ª atividade investigativa: vídeo/questões

¹⁹ O Apêndice II deste material apresenta uma síntese sobre o mapa conceitual.

1- Letra b; 2- letra b; 3- letra c; 4- letra e.

10ª atividade investigativa: aula teórica dialogada/questões

1- letra b; 2- letra a; 3- letra b; 4- letra a; 5- letra b.

Fase 6: Fotossíntese e seres vivos

11ª atividade investigativa: aula teórica dialogada/questões

1- Discursiva; 2- Discursiva.

Fase 7: Fotossíntese

13ª atividade investigativa: avaliação final/mapa conceitual

1- letra a; 2- letra d; 3- letra a; 4- letra a; 5- F, V, V, F.



MATERIAL DO ALUNO

ANA LAURA MARTINS
PIERRE AUGÉ
2021

FASE 1: PROBLEMATIZAÇÃO INICIAL

PRIMEIRA ATIVIDADE INVESTIGATIVA – questionário inicial

Iniciaremos nossas atividades com um questionário introdutório para verificarmos os seus conhecimentos sobre fotossíntese. Nosso objetivo não é averiguar quem sabe mais ou menos, mas iniciarmos nosso estudo sobre o tema. Podem escrever bastante, mesmo que haja dúvidas, não tem problema. O que vale agora é anotar todas as ideias que surgirem. Mãos à obra!

Questões

1- O que é fotossíntese?

2- Onde você acha que a fotossíntese está presente no seu cotidiano?

3- Como você acha que ocorre o processo de fotossíntese?

4- Marque os componentes importantes para o processo de fotossíntese ocorrer:

- | | | |
|-----------------------------------|--|------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Água | <input type="checkbox"/> Luz | <input type="checkbox"/> Terra |
| <input type="checkbox"/> Oxigênio | <input type="checkbox"/> Gás Carbônico | <input type="checkbox"/> Clorofila |

5- Indique os produtos obtidos pela fotossíntese nesse processo:

- () Água () Luz () Terra
() Oxigênio () Gás Carbônico () Glicose

6- Construa uma FRASE que resuma o fenômeno da fotossíntese usando todas as palavras marcadas nos itens 4 e 5.

7- Marque V (para verdadeiro) e F (para falso) nas afirmações abaixo:

- () A fotossíntese apenas depende da luz, que é composta por diferentes comprimentos de onda.
() Clorofila e pigmentos acessórios são estruturas químicas capazes de captar a energia luminosa.
() Os seres autotróficos, pelo processo da fotossíntese, são capazes de transformar energia física da luz em energia química nos carboidratos (glicose).
() O oxigênio, produto da fotossíntese, é derivado do gás carbônico.

8- Como seria sua vida sem a fotossíntese?

SEGUNDA ATIVIDADE INVESTIGATIVA – problema inicial

A imagem (Figura 1) e os trechos destacados a seguir tratam sobre o desastre ambiental que ocorreu no ano de 2019 devido ao vazamento de óleo no litoral brasileiro.

Figura 1 – Título da reportagem sobre o desastre ambiental.

G1 NATUREZA

DESASTRE AMBIENTAL: PETRÓLEO NAS PRAIAS DO NORDESTE

Ao menos 900 localidades foram atingidas por manchas de óleo no litoral brasileiro, diz Ibama

Balanço divulgado pelo instituto no domingo (8) mostra que 900 praias foram afetadas pelo desastre ambiental que teve início em agosto; levantamento revisa dado de sexta-feira (6) que apontou 903 localidades contaminadas.

Por G1
07/12/2019 17h40 - Atualizado há 2 semanas

Fonte: <<https://g1.globo.com/natureza/desastre-ambiental-petroleo-praias/noticia/2019/12/07/mais-de-900-localidades-foram-atingidas-por-manchas-de-oleo-no-litoral-brasileiro-diz-ibama.ghtml>>.

“Um a um, desde o final de agosto, os nove estados da Região Nordeste tiveram as areias de suas praias atingidas por manchas de óleo. Diversas localidades, entre elas importantes destinos turísticos, foram interditadas para limpeza, em um esforço que concentra cada vez mais órgãos do poder público.” (<https://oglobo.globo.com/sociedade/>).

“No Rio de Janeiro, fragmentos de óleo chegaram à Praia de Grussaí, em São João da Barra, no dia 22 de novembro. Análises já confirmaram que se trata do mesmo material que polui as praias do Nordeste.” (<https://g1.globo.com/natureza/noticia/2019/12/14/mais-de-100-dias-apos-a-primeira-mancha-surgir-942-pontos-do-litoral-ja-foram-atingidos-pelo-oleo.ghtml>).

Questão

Além da intoxicação e morte dos animais marinhos, quais são as principais consequências que o óleo na superfície e/ou aumento da temperatura dos oceanos podem causar nos ecossistemas marinhos?

FASE 2: COMPOSIÇÃO DA LUZ

Durante o processo da fotossíntese os seres autótrofos (plantas, algas, cianobactérias) convertem energia solar (luminosa) em energia química utilizável. Os produtos da fotossíntese, carboidratos formados a partir do gás carbônico (CO_2) e água (H_2O), são importantes para os seres vivos por duas razões: são fonte de energia para os seres autótrofos; podem ser modificados de várias formas para compor diversos tipos moleculares importantes biologicamente como proteínas e lipídeos.

Assim, a fotossíntese é um processo primordial para a manutenção da vida na Terra. Como esse processo depende diretamente de uma fonte luminosa, parece apropriado começar nossos estudos pela natureza da luz.

TERCEIRA ATIVIDADE INVESTIGATIVA - experimento/questões

A imagem exposta na figura 2 é bem conhecida pelo mundo inteiro por ser a capa do CD “The dark side of the moon” da Banda Pink Floyd. Se a analisarmos iremos notar que um feixe de luz branca ao passar pelo prisma, figura geométrica, se dispersa formando novas cores. Mas, como e por que isso ocorre? Vamos descobrir?

Figura 2 – Capa do CD “The dark side of the moon” da Banda Pink Floyd.



Fonte: <<https://br.pinterest.com/pin/357895501607586777/>Acesso em: julho de 2017>.

A turma será dividida em quatro grupos e serão feitos os experimentos descritos em seguida. Também temos algumas questões para serem respondidas.

G1 = Experimento “Arco-íris caseiro com vela”	G2 = Experimento “Arco-íris caseiro com led”
G3 = Experimento “Arco-íris caseiro com lâmpada incandescente”	G4 = Experimento “Arco-íris caseiro com lâmpada fluorescente”

LINK PARA OS EXPERIMENTOS:

www.manualdomundo.com.br/2013/12/com-fazer-arco-iris-caseiro-com-dvd/

Roteiro dos experimentos

- Objetivo:

Observar as cores que formam a luz emitida por diferentes fontes luminosas.

- Materiais:

DVD, fita adesiva preta, tesoura e fontes luminosas (vela, led, lâmpada incandescente e lâmpada fluorescente).

- Procedimentos:

- Faça um pequeno corte na borda do DVD com a ajuda de uma tesoura.
- Separe o DVD ao meio. A parte que será usada é a inferior, onde não está escrito nada.
- Se sobrar um pouco daquela tinta refletiva, você pode tirá-la com a ajuda de uma fita adesiva (Figura 3). Tome cuidado para não retirar a parte roxa do DVD.

Figura 3 – Esquema do experimento.



Fonte: <<http://www.manualdomundo.com.br/2013/12/como-fazer-arco-iris-caseiro-com-dvd/>>.

- d. Cobrir o buraco central do DVD com algo opaco, como uma fita adesiva preta, como mostra a figura 4.

Figura 4 – Esquema do experimento.



Fonte: <<http://www.manualdomundo.com.br/2013/12/como-fazer-arco-iris-caseiro-com-dvd/>>.

- e. Agora basta apagar a luz do ambiente e colocar o DVD na frente de uma das fontes luminosas.

Questões

1- Em grupo, faça um resumo do que foi observado no experimento, citando como as cores do arco-íris são formadas, explicando como ocorre esse fenômeno e, em seguida, compartilhe o seu resultado obtido com os demais grupos, evidenciando as semelhanças e as diferenças encontradas.

2- Qual é a relação entre a imagem da capa do CD “The dark side of the moon” da Banda Pink Floyd com os experimentos realizados?

QUARTA ATIVIDADE INVESTIGATIVA – aula teórica dialogada/questões

INTRODUÇÃO À ÓPTICA GEOMÉTRICA²⁰

Natureza da luz

Antigamente, muitos filósofos gregos, como Platão (428-348 a.C.), acreditavam que os olhos emitiam pequenas partículas que incidiam nos objetos, tornando-os visíveis. No entanto, essa concepção não foi muito bem aceita por alguns físicos como Isaac Newton (1642-1727), Christian Huygens (1629-1695), Tomas Young (1773-1829), e logo procuraram modificá-la.

Em 1704, Newton publicou uma obra denominada *Opticks*, onde defendia que a luz era constituída por um conjunto de corpúsculos materiais em movimento, que independiam da visão. Huygens sugeriu que os fenômenos de propagação da luz seriam mais bem explicados se a luz fosse considerada uma onda. Para Newton, o corpo envia essas partículas para os nossos olhos, por isso, enxergamos.

Essa teoria de Newton, denominada teoria corpuscular da luz, pode ser usada até hoje para explicar diversos fenômenos. No entanto, alguns fenômenos não puderam ser explicados por essa teoria. Até que o inglês Tomas Young demonstrou que quando a luz atravessava fendas estreitas, experimento da dupla fenda, comportava-se como onda e não como partícula. Assim, a teoria proposta por Newton foi perdendo o prestígio, sendo substituída pela teoria ondulatória da luz.

Foi Albert Einstein (1879-1955) que, ao explicar o efeito fotoelétrico em 1905, propôs que a luz é composta de “pacotes” de energia chamados “fótons”. Atualmente, sabemos que a luz apresenta uma característica dual, isto é, em determinadas situações se comporta como onda e em outras, como partícula.

Conceitos iniciais

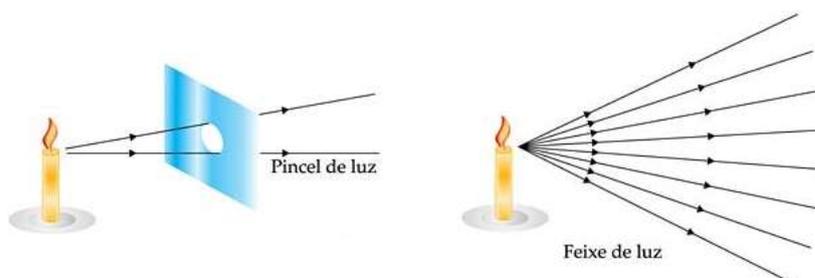
Para entender os princípios da óptica geométrica e seus fenômenos é necessário conhecer alguns conceitos:

- A luz é uma **onda eletromagnética** e a sua velocidade no vácuo é de aproximadamente $3,0 \times 10^8$ km/s.

²⁰ Baseado em: OLIVEIRA, N. F. de. *Óptica*. Sistema COC de Ensino: Ribeirão Preto, 2018.

- **Raios de luz:** são linhas que representam a direção e o sentido da propagação da luz.
- **Feixe de luz:** é o conjunto de raios luminosos provenientes de uma fonte, cuja abertura entre os raios é relativamente grande (Figura 5).
- **Pincel de luz:** é o conjunto de raios luminosos cuja abertura entre os raios é relativamente pequena (Figura 5).

Figura 5 – Exemplos de pincel de luz e feixe de luz.



Fonte: <<https://ensinodematematica.blogspot.com/2011/01/optica.html>>.

A cor da luz

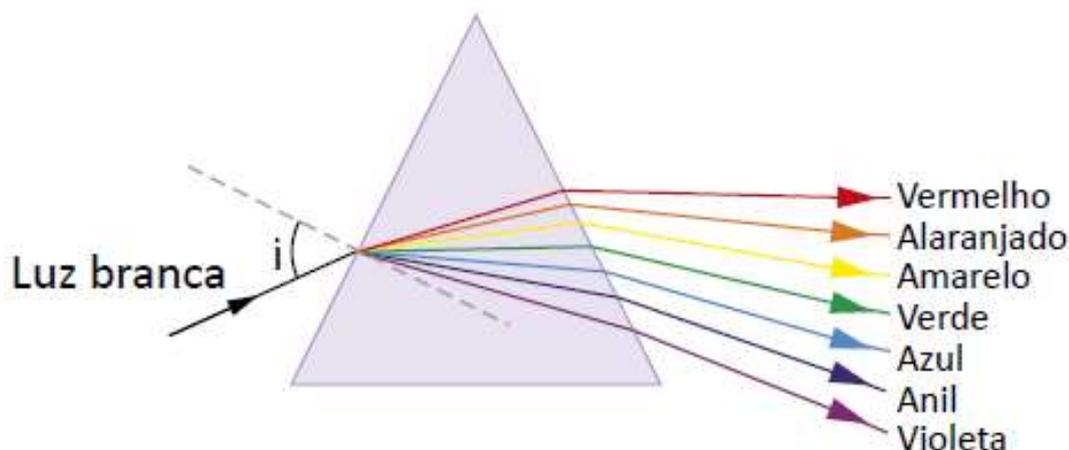
A cor sempre inspirou pintores, poetas e físicos. Entretanto, os físicos não gostavam de apenas apreciar os belos fenômenos coloridos, eles buscavam entendê-los.

Ao estudar a natureza da luz (Figura 6), Newton percebeu que nas bordas das imagens sempre apareciam manchas coloridas. Buscando entender melhor esse fenômeno ele escureceu a sala, deixando passar apenas um pequeno feixe de luz do sol (aproximadamente branca) por um buraco na janela. Em seguida, colocou um prisma triangular no caminho da luz e observou que a luz se separava nas cores do arco-íris, como mostra a figura 7. Esse fenômeno ficou conhecido como **dispersão luminosa**. Ao colocar outro prisma, ele observou que as cores podiam ser recombinadas, formando novamente a cor branca.

Figura 6 – Newton estudando a luz.



Fonte: <<https://www.coladaweb.com/fisica/optica/cor-da-luz>>.

Figura 7 – Dispersão luminosa.

Fonte: <<https://www.coladaweb.com/fisica/optica/cor-da-luz>>.

Como Newton acreditava na natureza corpuscular da luz, ele explicou que cada cor era composta de partículas de tamanhos diferentes e que todas as partículas, viajando juntas, formariam a cor branca. Ao passarem do ar para o vidro, as partículas, por terem tamanhos diferentes, sofreriam desvios diferentes, decompondo assim as cores.

Fontes de luz

Todo corpo que é capaz de emitir luz, seja luz própria ou refletida, é uma fonte de luz.

- Fontes de luz primárias: emitem luz própria.
- Incandescentes: emitem luz em altas temperaturas.

Ex.: o sol, velas acesas e as lâmpadas de filamento.

- Luminescentes: emitem luz em baixas temperaturas.

Dividem-se em fluorescentes ou fosforescentes.

Fluorescentes: emitem luz apenas enquanto durar a ação do agente excitador.

Ex.: lâmpadas fluorescentes.

Fosforescentes: Emitem luz por um certo tempo, mesmo após ter cessado a ação do excitador. Nessas fontes de luz, a energia radiante é proveniente de uma energia potencial química.

Ex.: Interruptores de lâmpadas e ponteiros luminosos de relógios.

- Fontes de luz secundárias: emitem, “refletem”, apenas a luz recebida de outros corpos.

Ex.: Lua, objetos como: mesas, portas, cadeiras, roupas, livros.

Meios de propagação

A luz pode incidir em três diferentes meios (Figura 8): os meios transparentes, translúcidos e opacos.

Meios transparentes: permitem que os raios de luz perpassem de maneira ordenada, possibilitando o reconhecimento nítido dos corpos. Ex.: vidro polido, ar da atmosfera, água límpida.

Meios translúcidos: permitem a passagem dos raios de luz, porém isso acontece de maneira desorganizada, o que resulta em uma imagem sem nitidez. Ex.: vidro fosco, plásticos translúcidos.

Meios opacos: são aqueles que impedem completamente que os raios de luz passem através deles, de modo que não é possível a visão dos corpos que estejam do outro lado. Ex.: livros, paredes, pessoas, objetos opacos.

Figura 8 – Exemplos de meios de propagação.



Fonte: <https://pt.wikipedia.org/wiki/%C3%93ptica#/media/Ficheiro:Meios_%C3%93pticos.jpg>.

Bem, agora que você já desvendou alguns aspectos sobre a decomposição da luz, vamos para a próxima fase?

Espectro eletromagnético

O espectro eletromagnético é o intervalo completo da radiação eletromagnética, apresentando em ordem crescente de frequências as ondas de rádio, radiação visível até chegar na radiação gama, de maior frequência.

As ondas eletromagnéticas como a luz, possuem a mesma velocidade ($c = 3,0 \cdot 10^8$ m/s) e podem ser originadas a partir da aceleração de cargas elétricas, sendo constituídas de campos elétricos e campos magnéticos. De acordo com a teoria ondulatória da luz, podemos determinar a frequência de uma onda como a razão de sua velocidade de propagação pelo seu comprimento de onda, como mostra a expressão 1 a seguir:

$$f = \frac{v}{\lambda} \quad (1)$$

Onde:

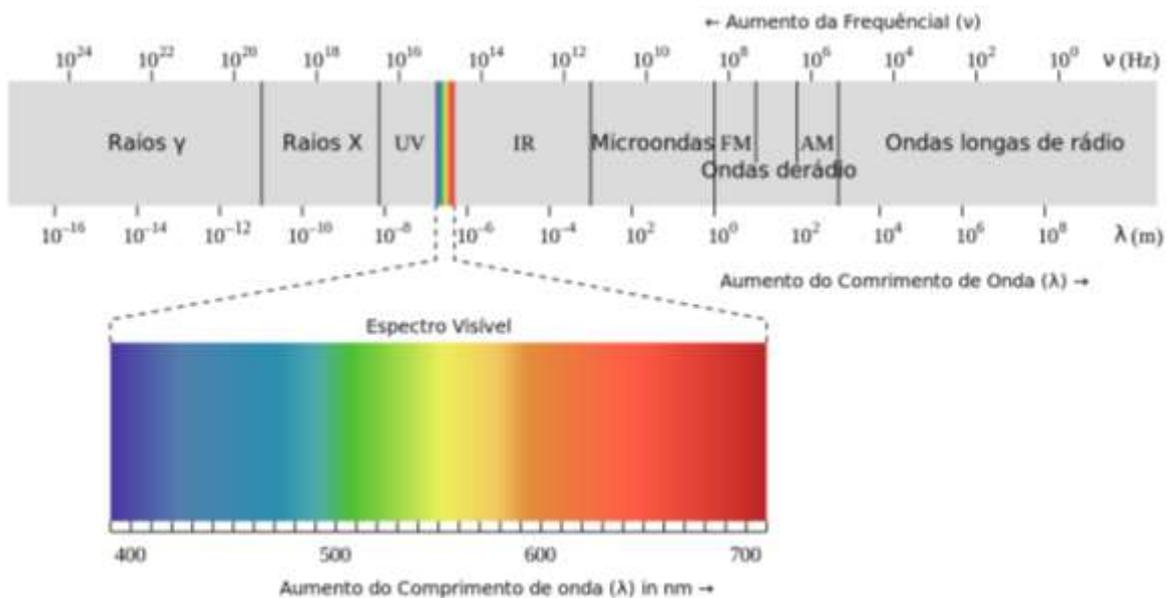
f é a frequência da onda (Hz);

λ é o comprimento de onda (m).

v é a velocidade de propagação (m/s);

A figura 9 a seguir mostra o espectro eletromagnético, suas radiações e respectivas frequências.

Figura 9 – Espectro eletromagnético.



Fonte: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/f/f8/EM_spectrum_pt.svg/1280px-EM_spectrum_pt.svg.png>.

O olho humano enxerga apenas as ondas eletromagnéticas correspondentes ao espectro visível, cujas frequências são localizadas entre o infravermelho (IR) e o ultravioleta (UV), pois apenas essas ondas são interpretadas pelo nosso cérebro. Essas ondas, que têm frequências que se estendem de $7,5 \cdot 10^{14}$ Hz até $4,3 \cdot 10^{14}$ Hz, são relacionadas com as cores que conhecemos violeta, azul, verde, amarelo, alaranjado e vermelho, respectivamente.

FASE 3: OS PIGMENTOS FOTOSSINTETIZANTES

QUINTA ATIVIDADE INVESTIGATIVA – experimento/questões

AS CORES DAS FOLHAS

Pedro estava jogando bola no quintal de sua casa e, ao chutar a bola com mais força, ela foi parar no quintal do vizinho. Ao buscar a bola ele reparou que nem todas as folhas das plantas de seu vizinho eram verdes. Curioso, resolve perguntar a seu professor de biologia como isso é possível, pois sabe que as folhas são verdes devido à presença de um pigmento verde (clorofila) dentro dos cloroplastos nas células vegetais. Para desvendar tal fato o professor de Pedro pede para a turma levar diversas folhas coloridas e filtro de café (papel) na próxima aula e avisa que eles irão realizar um experimento.

Questões

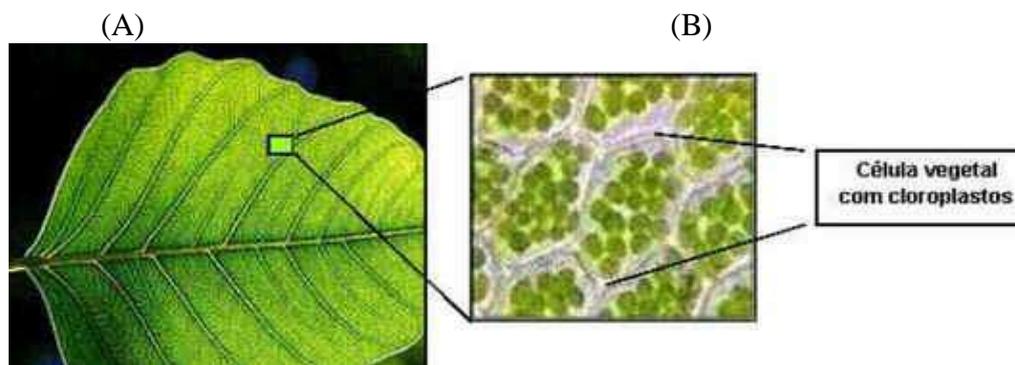
1- Assim como Pedro, você já reparou que nem todas as folhas possuem a mesma coloração? Por que você acha que isso ocorre?

2- Você se recorda do significado de cloroplastos? Justifique.

Que tal fazer o experimento que o professor de Pedro passou para a turma e descobrir? Mãos à obra!

Antes de iniciarmos, repare na figura 10 em seguida, onde estão em destaque as células vegetais com cloroplastos, que são organelas presentes nas células de vegetais e de outros organismos que realizam fotossíntese. Neles ocorrem as reações de fotossíntese.

Figura 10 – Folha (A) e suas células (B) contendo cloroplastos.



Fonte: <<http://www.portalsaofrancisco.com.br/biologia/clorofila> Acesso em: julho de 2017>.

LINK PARA O EXPERIMENTO:

<https://www.youtube.com/watch?v=BPGbk0-Rbt0>

Roteiro do experimento

Objetivo:

Observar como ocorre a separação dos componentes de uma mistura de um extrato de folhas vegetais por meio da técnica de cromatografia em papel. Tal técnica é utilizada para determinar o número de componentes de uma mistura, bem como identificar quais são estas substâncias.

Materiais:

- | | | |
|------------------------------|-----------------------|--------------------|
| -Folhas de plantas diversas; | - 10 mL de Álcool; | - 1 medidor em ml; |
| - Filtro de papel; | - Potes transparente; | - Tesoura; |
| - Socador (de batata); | | |

Procedimentos:

- 1- Escolher um tipo de folha e cortá-la com o auxílio da tesoura em pedaços pequenos e colocá-los na no pote transparente;
- 2- Macerar (amassar) os pedaços das folhas no pote com o socador;
- 3- Acrescentar ao líquido de folhas 10 mL de álcool e continuar misturando até obter um líquido colorido.
- 4- Esperar decantar a mistura obtida e transferir o líquido para outro pote transparente;
- 5- Cortar o papel de filtro ao meio e colocar um pedaço, base recortada, em contato com o material do pote;
- 6- Observar por 10 minutos o que acontece e registrar os resultados.

Agora que você já tem os resultados, relacione-os para responder as perguntas em seguida e compreender a importância da química para a fotossíntese.

Questões

1- Quais cores puderam ser observadas no experimento? Elas são iguais à cor original da planta?

2- Pesquise e relacione essas cores aos pigmentos fotossintéticos.

SEXTA ATIVIDADE INVESTIGATIVA – aula teórica dialogada/questões

PIGMENTOS FOTOSSINTETIZANTES²¹

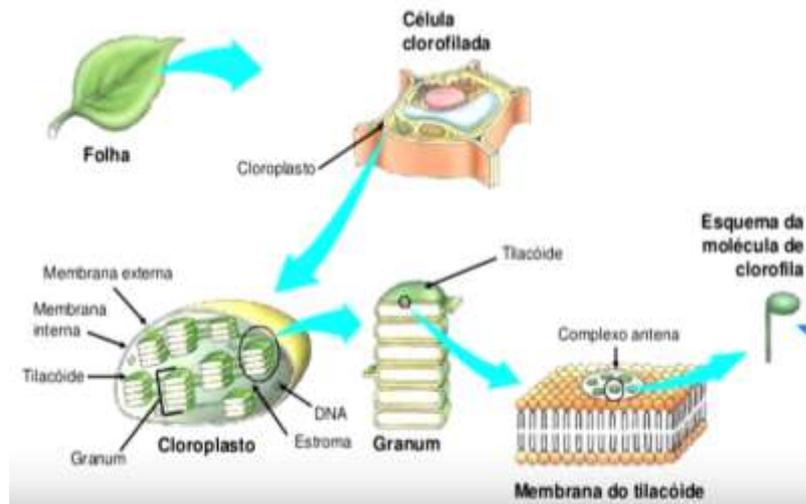
Clorofila

Os pigmentos fotossintetizantes que se encontram armazenados em organelas conhecidas como cloroplastos (ou plastídios) são responsáveis pela absorção de energia luminosa (luz) pelos organismos autótrofos.

A clorofila, principal pigmento da fotossíntese, está inserida nas membranas internas do cloroplasto conhecidas como tilacóides, como mostra a figura 11. Os tilacóides são compostos pelos fotossistema I e fotossistema II. Cada fotossistema possui um conjunto de 250 a 400 moléculas de clorofila e dividem-se em complexo antena e centro de reação. O complexo antena é formado por moléculas de clorofila que captam a energia da luz, transferindo-a para o centro de reação, que é rico em proteínas e clorofilas.

²¹ Baseado em: MENDONÇA, Vivian L. Biologia: ecologia, origem da vida e biologia celular, embriologia e histologia. Editora AJS. São Paulo. v 1. 3. ed, p. 195-196, 2016. (Coleção biologia)

Figura 11 – Cloroplasto e seus componentes.



Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=SDNc_5qXa0Q>.

Quando os pigmentos fotossintetizantes absorvem todos os comprimentos de ondas de luz, o resultado é a cor negra. No entanto, a maioria dos pigmentos absorvem comprimentos de ondas específicos, refletindo aqueles que não são absorvidos. Dessa forma, a clorofila reflete a cor verde porque absorve luz, principalmente, nos comprimentos de ondas violeta, azul e vermelho. Como a luz refletida é a que atinge os nossos olhos, essa é a cor que enxergamos, ao observarmos uma folha. O perfil de absorção de luz de uma substância é o seu espectro de absorção.

Existem diferentes tipos de clorofilas como a clorofila *a* e *b*, que são classificados de acordo com suas estruturas moleculares e propriedades específicas de absorção do espectro da luz visível, na qual cada uma capta luz com mais eficiência. Como mostra o gráfico 1 a seguir.

Gráfico 1 – Espectro de absorção das clorofilas *a* e *b*.



Fonte: <<https://www.sobiologia.com.br/conteudos/bioquimica/bioquimica13.php>>.

De acordo com o gráfico 1 podemos identificar que ambas as clorofilas absorvem a luz com mais eficiência em dois picos: um mais elevado, na faixa do violeta, e um outro menor, na faixa do vermelho.

A clorofila *a* foi identificada em todos os organismos eucariontes fotossintetizantes e em cianobactérias, conhecidas também como algas azuis. Desta forma, a clorofila *a* foi considerada o principal pigmento fotossintetizante e as clorofilas *b*, *c*, *d* são conhecidas como pigmentos acessórios.

A clorofila *a* é responsável pela produção do oxigênio durante a reação da fotossíntese. As clorofilas *b* e *c* são utilizadas para ampliar a faixa de luz absorvida durante a fotossíntese. Além disso, elas absorvem energia luminosa, transferindo-a para a clorofila *a*. O que difere a clorofila *b* da *c* é que enquanto a *b* está presente nas plantas, algas e euglenas, a clorofila *c* está presente em algas pardas e diatomáceas.

Pigmentos acessórios

Assim como a clorofila *b*, os carotenoides possuem a função de transferir energia para a clorofila *a*, aumentando o aproveitamento da luz no processo da fotossíntese. Entretanto, por protegerem a clorofila do excesso de luz e evitarem a formação de moléculas oxidativas prejudiciais à célula muitos consideram que a principal função dos carotenoides é a fotoproteção.

Além disso, os carotenoides absorvem luz nas faixas do violeta e azul-esverdeada, ou seja, seu espectro de absorção é um pouco diferente das clorofilas, como mostra o gráfico 2. Esse fato faz com que muitas folhas, quando possuem grandes quantidades desse pigmento, tenham cores diferentes do verde.

Gráfico 2 – Espectro de absorção dos carotenoides.



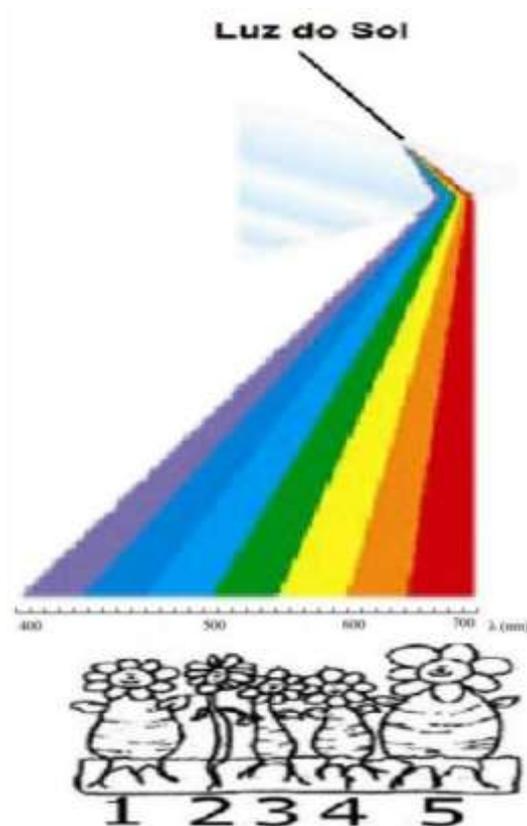
Fonte: <<https://image.slidesharecdn.com/apresentao1-140625105856-phpapp01/95/espectroscopia-de-uvvis-e-fluorescencia-19-638.jpg?cb=1403694016>>.

Além desse pigmento acessório, existem ainda outros pigmentos como as ficobilinas e a bacterioclorofila que apresentam a função de transferência de energia. Enquanto as ficobilinas estão presentes nas cianobactérias e algas vermelhas, a bacterioclorofila encontra-se em bactérias purpúreas.

Questões

1- Analisando a figura 12 a seguir, que mostra o espectro de ação da luz sobre o processo da fotossíntese, responda:

Figura 12 – Crescimento das plantas.



Fonte: Adaptado de: <<https://djalmasantos.files.wordpress.com/2011/09/22a.jpg>>.

a) Por que as plantas 1 e 5 estão mais desenvolvidas?

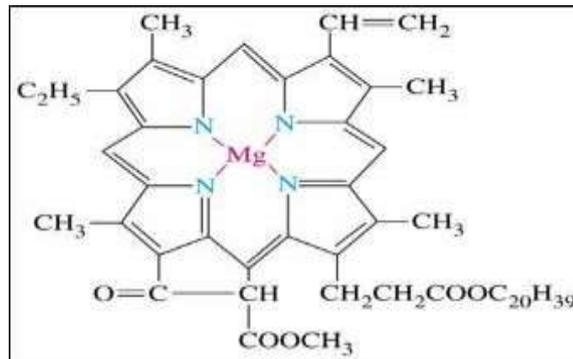
b) Podemos relacionar essa figura com qual(s) pigmento(s) fotossintético(s)? Justifique.

2- (PUC-SP) A propriedade de “captar vida na luz” que as plantas apresentam se deve à capacidade de utilizar a energia luminosa para a síntese de alimento. A organela (I), onde ocorre esse processo (II), contém um pigmento (III) capaz de captar a energia luminosa, que é posteriormente transformada em energia química. As indicações I, II e III referem-se, respectivamente a:

- a) Mitocôndria, respiração, citocromo.
- b) Cloroplasto, fotossíntese, citocromo.
- c) Cloroplasto, respiração, clorofila.
- d) Mitocôndria, fotossíntese, citocromo.
- e) Cloroplasto, fotossíntese, clorofila.

3- A Figura 13 representa a estrutura da molécula da clorofila. Analise e responda o que se pede:

Figura 13 – Molécula da clorofila.



Fonte: <<http://profkauecosta.blogspot.com.br/p/biologia-3em-7-e-8-setor-a.html>>.

a- Identifique quais funções orgânicas existem na molécula da clorofila.

b- Qual a importância da estrutura do anel desta molécula? Onde ela se encontra?

c- Explique qual é a relação da luz com estas moléculas?

4- (EFES) A fotossíntese ocorre por meio da absorção da energia luminosa pelos pigmentos contidos nos cloroplastos. No entanto, os pigmentos absorvem a energia luminosa em diferentes comprimentos de onda.

Em relação a esse processo. É incorreto afirmar que:

- a) os vegetais expostos ao comprimento de onda de 500 nm, cor verde, apresentam uma baixa taxa fotossintética.
- b) as clorofilas são pigmentos que apresentam a cor verde devido à reflexão desse comprimento de onda.
- c) o comprimento de onda que apresenta uma maior absorção corresponde ao azul.
- d) as plantas expostas ao comprimento de onda 650 nm (vermelho curto) apresentam taxa de fotossíntese igual a zero.
- e) a integração funcional dos vários pigmentos permite uma maior eficiência na captação da energia luminosa.

5- (Mack-2008) - Plantas, algas, cianobactérias e um grupo de bactérias têm capacidade de realizar o processo de fotossíntese. A respeito desse processo nesses organismos, é correto afirmar que:

- a) todos apresentam, além da clorofila, os pigmentos carotenoides e xantofilas.
- b) todos utilizam o gás carbônico e a água como matéria prima.
- c) somente as plantas e as algas produzem o gás oxigênio.
- d) somente as plantas apresentam as clorofilas a e b.
- e) somente as plantas e as algas apresentam as clorofilas localizadas no interior dos plastos.

Muito bem! Agora vocês já entenderam que para a fotossíntese acontecer é necessário a interação entre componentes físicos e químicos. Será que é somente isso? Vamos estudar um pouco mais?

FASE 4: A ENERGIA DA FOTOSSÍNTESE

SÉTIMA ATIVIDADE INVESTIGATIVA – aula teórica dialogada/questões

FOTOSSÍNTESE E ENERGIA²²

Vimos anteriormente que uma das funções da fotossíntese é converter energia luminosa em energia química. As duas fases da fotossíntese acontecem de dia, no entanto, a etapa fotoquímica depende diretamente da luz do sol, isto é, depende diretamente da energia luminosa. Enquanto a etapa química ou enzimática depende indiretamente da energia luminosa.

A primeira etapa da fotossíntese também conhecida como fase claro, é a etapa na qual a planta vai capturar (absorver) a energia luminosa nos comprimentos de onda vermelho e azul, para formar energia química basicamente fazendo dois processos bioquímicos: a fotofosforilação e a fotólise da água.

No entanto, antes de estudar estes dois processos precisamos entender como ocorre a conversão da energia luminosa em energia química. Para isso, vamos revisar os tipos, as fontes e as transformações de energia.

Energia

A energia está presente em diversas ocasiões no nosso cotidiano. Conseguimos identificar a presença da energia desde as nossas atividades mais básicas como nos movimentar e alimentar até as mais complexas como a queima de combustíveis e utilização de aparelhos elétricos. Assim, quando tentamos definir o que é energia percebemos que este termo possui amplos significados.

De forma simples, consideramos a energia como uma grandeza escalar que se conserva associada ao estado dos objetos, ou seja, a quantidade total de energia permanece constante. Também podemos entender energia como a capacidade de realizar trabalho, assim,

²² Baseado em: GUIMARÃES, Osvaldo; PIQUEIRA, José Roberto; CARRON, Wilson. *Mecânica*. V.1. 2. ed. São Paulo: Ática, 2017.

MENDONÇA, Vivian L. *Biologia: ecologia, origem da vida e biologia celular, embriologia e histologia*. Editora AJS. São Paulo. v 1. 3. ed., 2016. (Coleção biologia)

YAMAMOTO, Kazuhito; FUKU, Luiz Felipe. *Física para o ensino médio: mecânica*. v. 1. 4. ed., São Paulo: Saraiva, 2016.

a energia pode mudar de forma e ser transferida de um objeto para outro, mas a quantidade total de energia sempre será mesma.

A energia pode ser expressa de diversas formas: cinética, potencial, térmica, luminosa, elétrica, sonora e outras. Essas formas de energia variam de acordo com a fonte e podem ser transformadas de um tipo em outro, tanto por meio de processos naturais (fotossíntese) como artificiais (painéis solares/ fotocélulas, como mostra a figura 14; usinas hidrelétricas e termoelétricas). Vale ressaltar que essas transformações de energia sempre obedecem ao **princípio da conservação de energia**: a energia não pode ser criada, nem destruída, somente pode ser transformada.

Figura 14 – Painéis solares que são utilizados para a transformação de energia solar fotovoltaica em energia elétrica.



Fonte: <encurtador.com.br/bltOV>.

A energia solar é nossa principal fonte de energia tanto direta quanto indiretamente. Pois, além dos seres autótrofos utilizarem a radiação solar para a produção de fotossíntese e, conseqüentemente, para a produção de alimentos vegetais, esta radiação também é fonte de energia na produção do carvão e do petróleo que são usados como combustíveis fósseis e na evaporação e ventos, permitindo o aproveitamento da hidroeletricidade e da energia eólica.

Dentre as diversas formas de energia citadas anteriormente destacaremos nesta aula as energias luminosa, cinética e química por estarem diretamente envolvidas no processo de fotossíntese.

Energia luminosa é uma parte da energia solar que se propaga pelo espaço em forma de radiação (onda) eletromagnética até chegar à Terra na forma de luz, raios infravermelhos e ultravioletas e outras radiações que podemos observar no espectro eletromagnético. Desta radiação eletromagnética que chega à Terra apenas 0,02%, aproximadamente, é aproveitada no processo de fotossíntese. Assim, os seres fotossintetizantes são capazes de captar parte

desta energia para realizar fotossíntese e armazenar energia. Além disso, veremos nas próximas aulas que as cadeias alimentares possibilitam que a energia produzida por estes seres seja transferida para os herbívoros e destes para os carnívoros.

Energia cinética (E_c) é a energia relacionada ao movimento dos corpos. Esta energia depende da massa do corpo e é diretamente proporcional ao quadrado da velocidade do corpo, ou seja, quanto maior é a velocidade e a massa do corpo, maior é sua energia cinética e, conseqüentemente, maior é a sua capacidade de realizar trabalho. Matematicamente, podemos calcular a energia cinética utilizando a equação (1) a seguir:

$$E_c = \frac{mv^2}{2} \quad (1)$$

Onde:

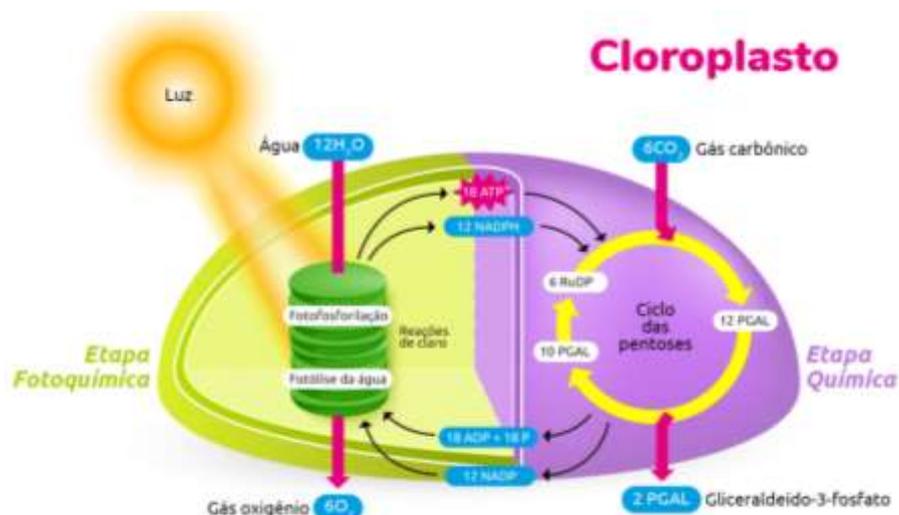
E_c : energia cinética (joule – J)

m : massa do corpo (quilogramas – Kg)

v : velocidade do corpo (metro por segundo – m/s)

Durante a etapa fotoquímica da fotossíntese os seres fotossintetizantes captam a energia luminosa para realizar dois processos bioquímicos: a fotofosforilação e a fotólise da água, como mostra a figura 15. Na fotólise da água a fotossíntese utiliza a energia luminosa para retirar elétrons da água. No entanto, quando estes elétrons são removidos a molécula de água acaba quebrando, isto é, ocorre a lise/quebra da molécula de água utilizando fótons. Já na fotofosforilação são formadas as moléculas de ATP e NADPH.

Figura 15 – Etapas fotoquímica e química.



Fonte: <<https://blog.biologiatotal.com.br/fotossintese-o-que-e-etapas-e-importancia/>>.

Com a realização destes processos bioquímicos ocorre uma movimentação de elétrons nos cloroplastos, fazendo com que estes liberem energia cinética, que é utilizada pelas plantas para formar **energia química**: ATP e NADPH. Ou seja, por meio da energia cinética dos elétrons ocorre a formação de moléculas químicas altamente energizadas e quando as ligações dessas moléculas são rompidas eles liberam energia para que a segunda fase da fotossíntese (etapa química) possa acontecer.

Questões

1- Explique como ocorre as transformações de energia na fotossíntese, citando os tipos de energia envolvidos neste processo.

2- (Mackenzie) O processo de fotossíntese é considerado em duas etapas: a fotoquímica ou fase de claro e a química ou fase de escuro. Na primeira fase NÃO ocorre:

- a) produção de ATP.
- b) produção de NADPH.
- c) produção de O₂.
- d) fotólise da água.
- e) redução do CO₂.

3- Faça uma pesquisa sobre energia solar e o crescente uso de placas solares no Brasil. Em seguida, elabore um pequeno texto apontando as vantagens e desvantagens da utilização deste tipo de energia.

OITAVA ATIVIDADE INVESTIGATIVA – simulador/questão

Para ampliar o estudo das transformações de energia que ocorrem na fotossíntese, será realizada uma atividade dinâmica utilizando o simulador *Phet*: Formas de energia e transformações (Figura 16), criado pelo site *PhET Interactive Simulations* (<https://phet.colorado.edu/sims/html/energy-forms-and-changes/latest/energy-forms-and-changes_pt_BR.html>).

Por meio desta atividade de simulação almeja-se consolidar o conteúdo estudado anteriormente e introduzir novos conceitos de forma dinâmica.

Figura 16 – Print do simulador “Formas de energia e transformações”.



Fonte: <https://phet.colorado.edu/sims/html/energy-forms-and-changes/latest/energy-forms-and-changes_pt_BR.html>.

Roteiro do experimento

- Objetivo:

Identificar as formas/fontes de energia e suas transformações.

- Materiais:

Simulador *Phet*: Formas de energia e transformações.

- Procedimentos:

- Acesse o link: <https://phet.colorado.edu/sims/html/energy-forms-and-changes/latest/energy-forms-and-changes_pt_BR.html>.
- Selecione a opção: Sistemas (Figura 17).

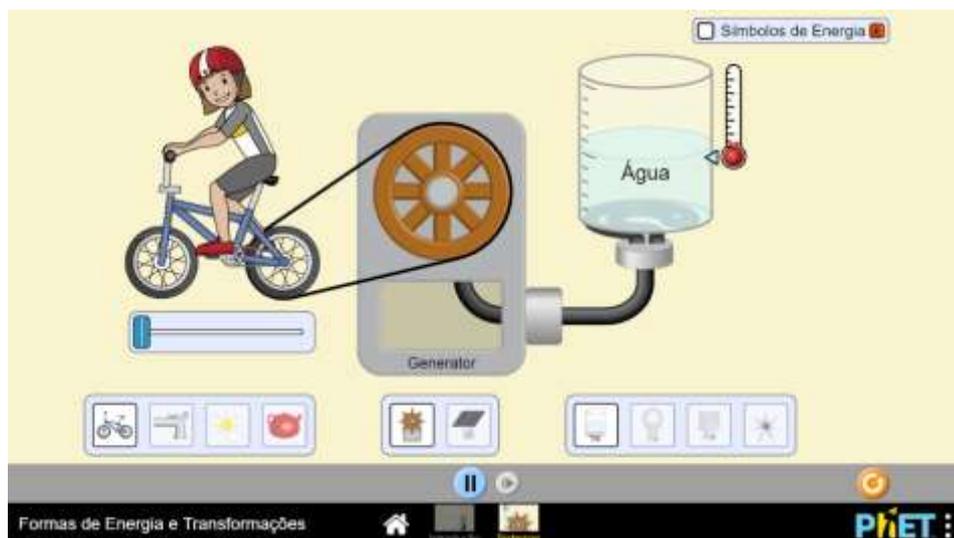
Figura 17 – Esquema do experimento.



Fonte: < https://phet.colorado.edu/sims/html/energy-forms-and-changes/latest/energy-forms-and-changes_pt_BR.html >.

- Após clicar nesta opção irá aparecer a seguinte página (Figura 18). Agora, você pode escolher as fontes de energia (menina pedalando/realizando trabalho, torneira saindo água, sol e vapor d'água), os geradores (gerador e painel solar) e os dispositivos elétricos (lâmpadas e ventilador).

Figura 18 – Esquema do experimento.



Fonte: < https://phet.colorado.edu/sims/html/energy-forms-and-changes/latest/energy-forms-and-changes_pt_BR.html >.

- d. No canto superior direito da tela clique na opção: Símbolos de Energia (Figura 19).

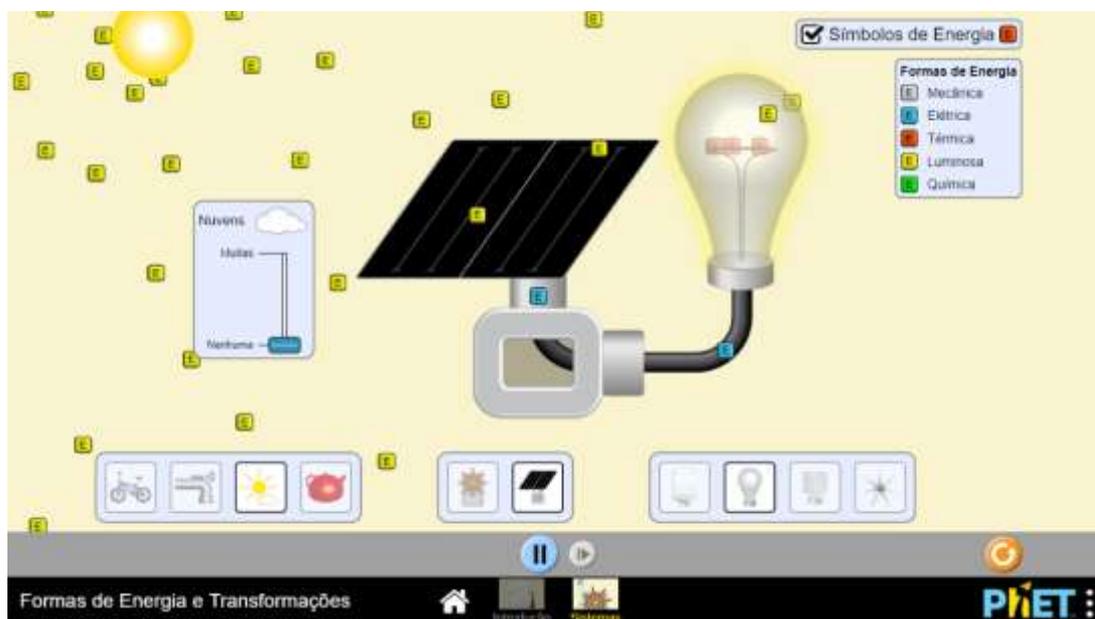
Figura 19 – Esquema do experimento.



Fonte: < https://phet.colorado.edu/sims/html/energy-forms-and-changes/latest/energy-forms-and-changes_pt_BR.html >.

- e. Agora selecione as opções: sol, painel solar e lâmpada (Figura 20). Observe o que ocorre e discuta com seus colegas.

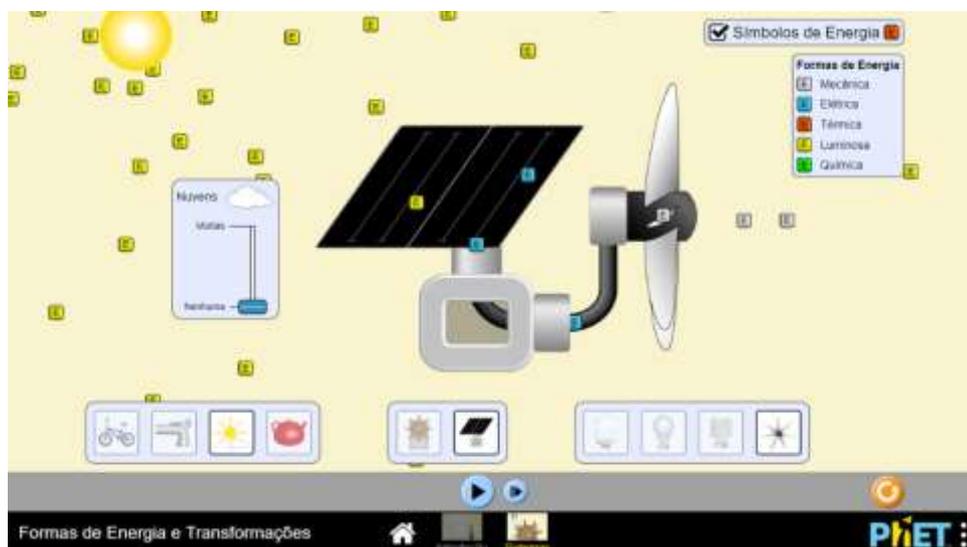
Figura 20 – Esquema do experimento.



Fonte: < https://phet.colorado.edu/sims/html/energy-forms-and-changes/latest/energy-forms-and-changes_pt_BR.html >.

- f. Mude a opção do dispositivo para o ventilador (Figura 21). Observe o que ocorre e discuta com seus colegas.

Figura 21 – Esquema do experimento.



Fonte: < https://phet.colorado.edu/sims/html/energy-forms-and-changes/latest/energy-forms-and-changes_pt_BR.html >.

- g. Agora, teste novas fontes e dispositivos de energia. Use sua criatividade. Observe o que acontece e discuta as diferenças observadas com seus colegas.

Questões

- 1- Descreva o que ocorreu após a realização da etapa 'e'. Cite as formas de energias envolvidas.

- 2- Compare o que você observou quando realizou o experimento com a lâmpada e com o ventilador. Você notou alguma diferença? Justifique.

3- (ENEM 2017) A célula fotovoltaica é uma aplicação prática do efeito fotoelétrico. Quando a luz incide sobre certas substâncias, libera elétrons que, circulando livremente de átomo para átomo, formam uma corrente elétrica. Uma célula fotovoltaica é composta por uma placa de ferro recoberta por uma camada de selênio e uma película transparente de ouro. A luz atravessa a película, incide sobre o selênio e retira elétrons, que são atraídos pelo ouro, um ótimo condutor de eletricidade. A película de ouro é conectada à placa de ferro, que recebe os elétrons e os devolve para o selênio, fechando o circuito e formando uma corrente elétrica de pequena intensidade. DIAS, C. B. Célula fotovoltaica. Disponível em: <http://super.abril.com.br>. Acesso em: 16 ago. 2012 (adaptado).

O processo biológico que se assemelha ao descrito é a

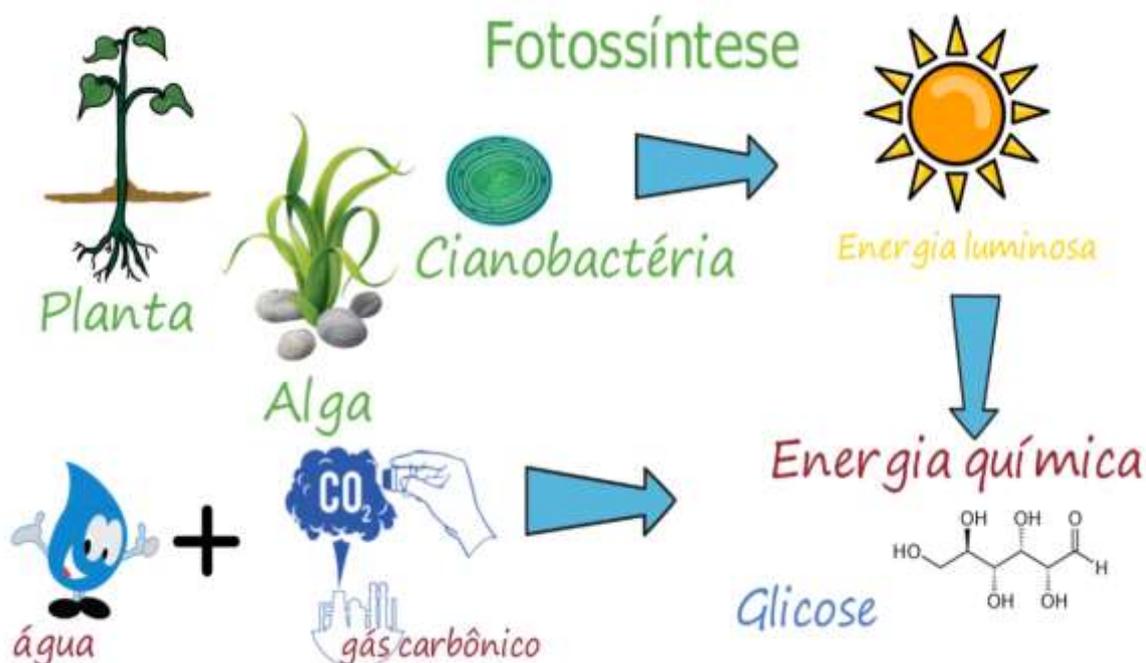
- a) fotossíntese.
- b) fermentação.
- c) quimiossíntese.
- d) hidrólise do ATP.
- e) respiração celular.

FASE 5: A QUÍMICA DA FOTOSÍNTESE

NONA ATIVIDADE INVESTIGATIVA – vídeo/questões

Para iniciar o estudo das reações químicas que ocorrem na fotossíntese, será assistido um pequeno vídeo intitulado “Fotossíntese” (Figura 22), criado pelos mestrandos Cassio Moreira Santos e Francisco Gadelha Araújo Martins, disponibilizado no canal “cassio moreira santos” (<<https://www.youtube.com/watch?v=i9n9o23tBcs>>), visando consolidar o conteúdo estudado anteriormente e introduzir novos conceitos de forma dinâmica.

Figura 22 – Print do vídeo “Fotossíntese”.



Fonte: <<https://www.youtube.com/watch?v=i9n9o23tBcs>>.

Questões

1- A fotossíntese é um processo importante para garantir a sobrevivência da planta e é dividida em duas etapas tradicionalmente chamadas de fase clara e escura. A fase clara ocorre na membrana dos tilacóides do cloroplasto, já a fase escura ocorre:

- no citosol.
- no estroma do cloroplasto.
- nas mitocôndrias.
- nas cristas mitocondriais.
- no lisossomo.

2- A redução do dióxido de carbono em carbono orgânico na fotossíntese ocorre via ciclo

- a) de Krebs.
- b) de Calvin.
- c) de Carnot.
- d) de Cori.

3- (PUC Minas) Associe as fases da fotossíntese aos fenômenos que nelas ocorrem.

I. Fase clara

II. Fase escura

- () Formação de ATP
- () Redução do CO₂
- () Liberação de O₂
- () Formação de NADPH₂

A opção que contém a sequência correta encontrada é:

- a) I, II, I, II
- b) I, I, II, II
- c) I, II, I, I
- d) II, II, I, II
- e) II, I, II, II

4- (PUC-SP) Assinale, entre as substâncias a seguir relacionadas, a que NÃO é necessária para que se realize a fotossíntese.

- a) ATP
- b) CO₂
- c) H₂O
- d) Clorofila
- e) Glicose

DÉCIMA ATIVIDADE INVESTIGATIVA – aula teórica dialogada/questões

REAÇÕES DA FOTOSSÍNTESE²³

Como dito anteriormente, a fotossíntese é um processo no qual a energia solar é capturada e utilizada na produção de moléculas orgânicas como a glicose. Esse processo ocorre no interior dos cloroplastos. O cloroplasto é uma organela presente nas células vegetais que contém tilacóides e estroma. Enquanto os tilacóides são sistemas de membranas internas do cloroplasto, o estroma é um líquido denso localizado no interior dessa organela.

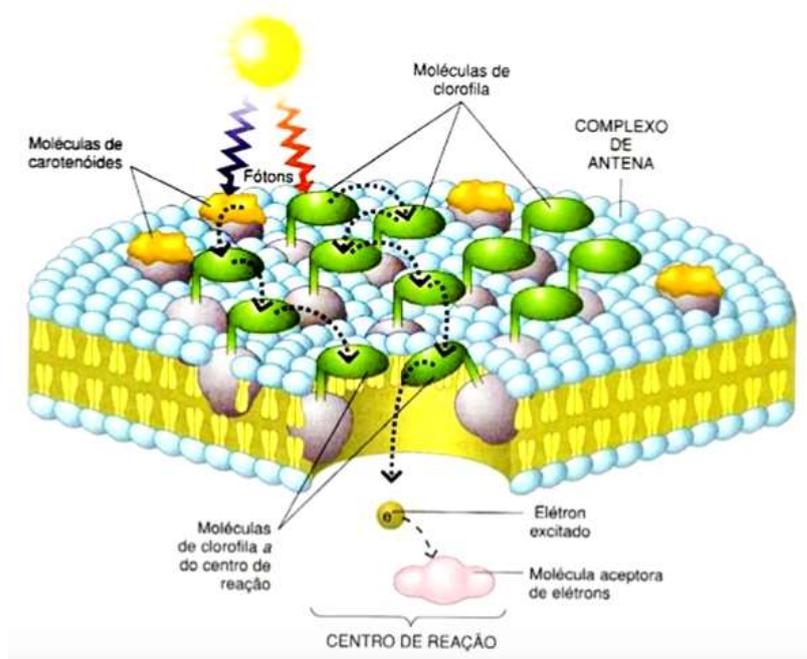
²³ Baseado em: MENDONÇA, Vivian L. *Biologia: ecologia, origem da vida e biologia celular, embriologia e histologia*. Editora AJS. São Paulo. v 1. 3. ed, 2016. (Coleção biologia)

Podemos dividir a fotossíntese em duas etapas: reações que ocorrem na presença da luz (fotoquímica) e reações bioquímicas (enzimáticas). Essas reações ocorrem nos tilacóides e estromas, respectivamente.

Fotossistemas

Antes de aprender as reações que ocorrem na fotossíntese, precisamos conhecer o local que algumas dessas reações acontecem. Nos fotossistemas, por exemplo, ocorrem as reações luminosas. Há duas formas de fotossistemas, o fotossistema I e o fotossistema II, que possuem aproximadamente 300 moléculas de clorofila. O fotossistema I tem um centro de reação P700, pois absorve, preferencialmente, a luz com comprimentos de onda de 700 nm ou mais. Já o fotossistema II apresenta um centro de reação P680, visto que absorve a luz com comprimento de onda em 680 nm. Esses fotossistemas se ligam por meio de uma cadeia que transporta elétrons. Ambos fotossistemas agem de forma independente, só que complementar.

Figura 23 – Fotossistema.



Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=SDNc_5qXa0Q&t=175s>.

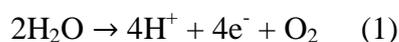
Reação Fotoquímica (Fase Clara)

Estudamos anteriormente que os pigmentos fotossintetizantes absorvem a energia luminosa em suas folhas. Mas o que ocorre com a energia da luz que é absorvida? Parte da

energia absorvida pelos pigmentos é convertida para uma forma diferente de energia: a energia química durante o primeiro estágio da fotossíntese. Esse primeiro estágio ou fase envolve uma série de reações químicas conhecidas como reações fotoquímicas e sua função é produzir duas moléculas necessárias para a próxima fase da fotossíntese: a molécula que armazena energia de ATP (adenosina trifosfato) e o transportador de elétrons reduzido NADPH.

Nesta fase ocorrem dois processos essenciais: a fotofosforilação e a fotólise da água. A fotofosforilação se divide em: fotofosforilação acíclica e fotofosforilação cíclica.

Na fotofosforilação ocorre a formação de adenosina trifosfato (ATP) por meio da união fósforo (P) à adenosina difosfato (ADP) na presença da luz. Já na fotólise da água ocorre a quebra da molécula de água por meio da energia da luz solar, produzindo íons de H^+ , e^- e O_2 , como mostra a equação química 1 a seguir.

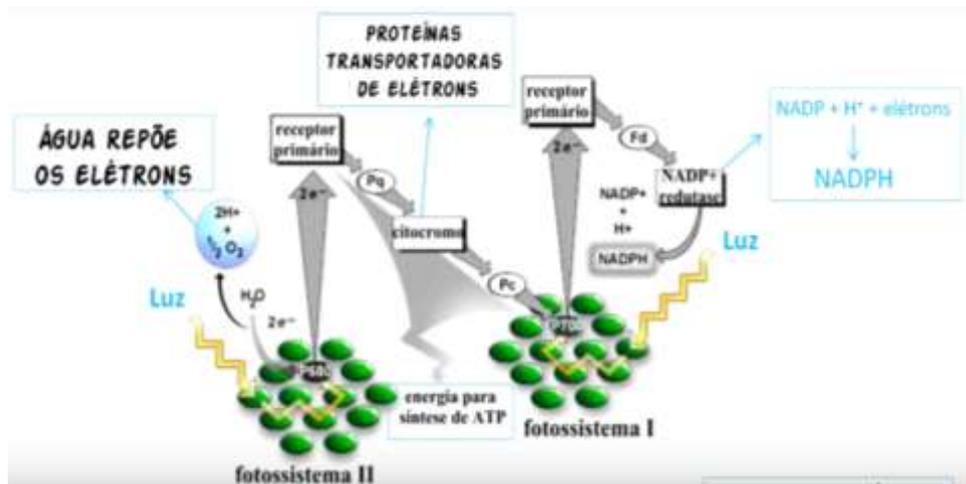


A fotólise da água também pode ser chamada de reação de Hill, em homenagem ao bioquímico britânico Robert Hill. Hill foi o primeiro cientista a identificar essa reação, em 1937.

Durante a fotofosforilação acíclica, a energia luminosa entra no fotossistema II, onde é aprisionada e levada até as moléculas de clorofila P680 do centro de reação. A clorofila P680 é excitada, seus elétrons são energizados e transportados da clorofila em direção a um receptor de elétrons. Assim, a cada elétron transferido, ocorre a substituição desse por um elétron proveniente do processo de fotólise da água.

Pares de elétrons deixam o fotossistema I carregados por uma cadeia transportadora de elétrons, impulsionando a produção de ATP pelo processo de fotofosforilação. A energia absorvida pelo fotossistema I é transferida para moléculas de clorofila P700 do centro de reação. Os elétrons energizados são capturados pela molécula da coenzima $NADP^+$ redutase e são substituídos na clorofila pelos elétrons provenientes do fotossistema II. A energia formada nesses processos é guardada em moléculas de NADPH e ATP. A figura 24 exemplifica as reações que ocorrem na fotofosforilação acíclica.

Figura 24 – Reações da fotofosforilação acíclica.

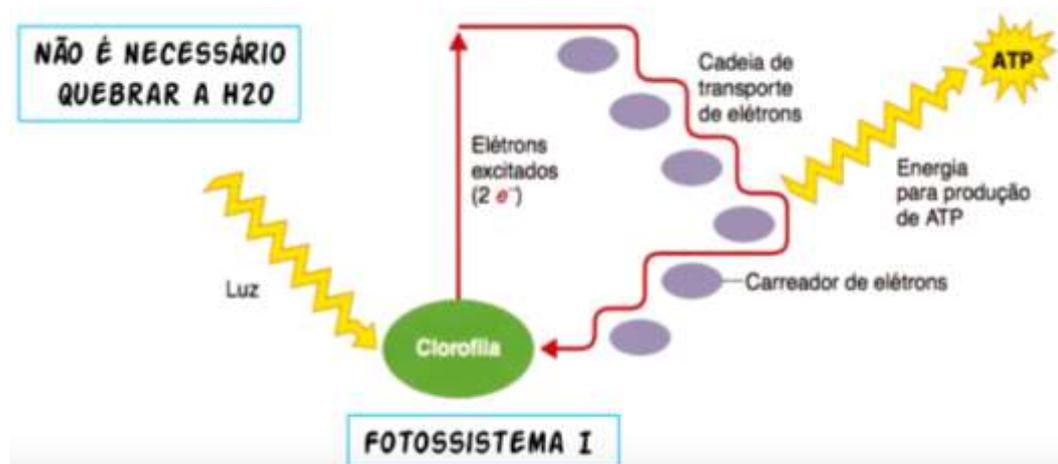


Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=SDNc_5qXa0Q&t=175s>.

Na fotofosforilação cíclica, os elétrons quebram o padrão linear ao regressarem para a primeira parte da cadeia de transporte de elétrons, fazendo este circuito várias vezes inúmeras vezes por meio do fotossistema I ao invés de terminar no NADP⁺ redutase.

Nesse ciclo ocorre apenas a produção de ATP, não produzindo o NADPH, uma vez que os elétrons são desviados da NADP⁺ redutase. A figura 25 exemplifica as reações existentes na fotofosforilação cíclica.

Figura 25 – Reações fotofosforilação cíclica.



Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=SDNc_5qXa0Q&t=175s>

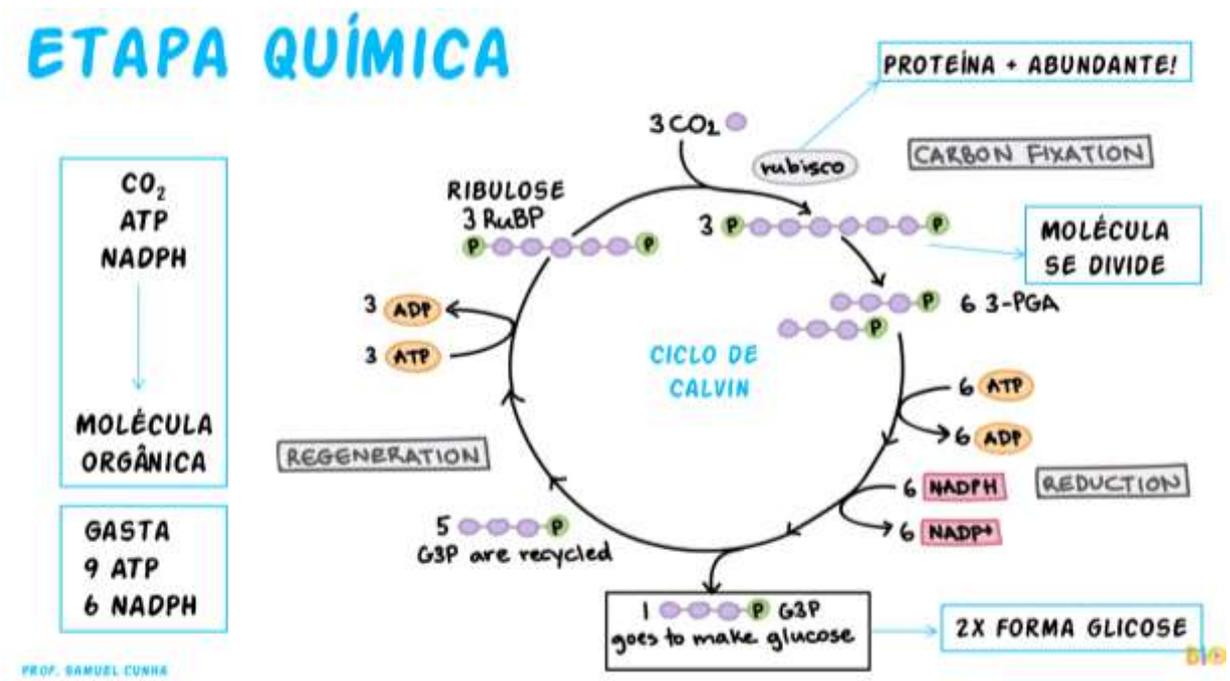
A fotofosforilação cíclica pode ser bastante comum em células fotossintetizantes que precisam de quantidades elevadas de ATP. Além disso, o fluxo cíclico de elétrons possui um papel fotoprotetor, evitando que o excesso de luz danifique as proteínas do fotossistema e promovendo o reparo de danos induzidos pela luz.

Reação Bioquímica (Fase Escura)

A reação bioquímica que ocorre na fotossíntese é também chamada de ciclo das pentoses ou ciclo de Calvin. Ela pode ocorrer na ausência ou na presença de luz, visto que acontece no estroma do cloroplasto. O principal objetivo dessa fase é a produção de glicose a partir de CO_2 , isto é, por meio da fixação do carbono.

Nas reações de fixação do carbono, o NADPH e o ATP produzidos na etapa das reações luminosas são usados para reduzir o dióxido de carbono a carbônico orgânico. Nessa etapa, acontecem sucessivas reações denominadas ciclo de Calvin, como mostra a figura 26.

Figura 26 – Ciclo de Calvin.



Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=SDNc_5qXa0Q&t=175s>.

No ciclo de Calvin, três moléculas de CO_2 combinam-se com um composto denominado ribulose-1,5-bisfosfato (RuBP), formando um composto intermediário instável que se quebra produzindo seis moléculas de 3-fosfoglicerato (PGA).

As moléculas de PGA são então reduzidas a seis moléculas de gliceraldeído 3-fosfato (PGAL). Cinco moléculas de PGAL rearranjam-se e formam três moléculas de RuBP. O ganho do ciclo de Calvin então é de uma molécula de PGAL, a qual servirá para a produção de sacarose e amido.

Questões

1- (UFRN/2007) Durante o processo de fotossíntese, a ação da luz sobre a clorofila libera elétrons que são capturados por uma cadeia transportadora. Durante esse processo de transporte ocorre:

- a) formação de quantidades elevadas do acceptor NADP^+ a partir da captura de elétrons e prótons.
- b) transferência dos elétrons entre moléculas organizadas em ordem decrescente de energia.
- c) fotólise de moléculas de CO_2 que liberam elétrons e cedem o carbono para a formação da glicose.
- d) quebra da molécula de água a partir da conversão de ATP em ADP, com liberação de prótons.

2- (UFRGS 2015) Sobre a fotossíntese, é correto afirmar que:

- a) as reações dependentes de luz convertem energia luminosa em energia química.
- b) o hidrogênio resultante da quebra da água é eliminado da célula durante a fotólise.
- c) as reações dependentes de luz ocorrem no estroma do cloroplasto.
- d) o oxigênio produzido na fotossíntese é resultante das reações independentes da luz.
- e) os seres autótrofos utilizam o CO_2 durante as reações dependentes de luz.

3- (UNESP) Sobre o processo de fotossíntese, é correto afirmar que:

- a) O CO_2 é fonte de carbono para a síntese de matéria orgânica e fonte de O_2 para a atmosfera.
- b) A água é fonte de H^+ para a síntese de NADPH_2 e de O_2 para a atmosfera.
- c) O NADPH_2 é fonte de energia para a conversão do CO_2 em matéria orgânica.
- d) O ATP é doador de energia para a quebra da molécula de água, que, por sua vez, fornece O_2 para a atmosfera.
- e) A conversão de CO_2 em matéria orgânica produz energia que é acumulada pelo ATP.

4- (UECE) - A fotossíntese é o início da maior parte das cadeias alimentares no planeta. Sem ela, os animais e muitos outros seres heterotróficos seriam incapazes de sobreviver, porque a base da sua alimentação encontra-se sempre nas substâncias orgânicas produzidas pelas plantas clorofiladas. Sobre o processo fotossintético, podemos afirmar corretamente que durante a etapa fotoquímica ocorre:

- a) Liberação do oxigênio e redução do NADP.
- b) Fotólise da água e oxidação do NADP a NADPH.
- c) Redução do NAD a NADPH e fotofosforilação do ATP.
- d) Fotofosforilação do ADP e fixação do carbono.

5- (Vunesp) A produção de açúcar poderia ocorrer independentemente da etapa fotoquímica da fotossíntese, se os cloroplastos fossem providos com um suplemento constante de

- a) clorofila.
- b) ATP e NADPH_2 .
- c) ADP e NADP.
- d) oxigênio.
- e) água.

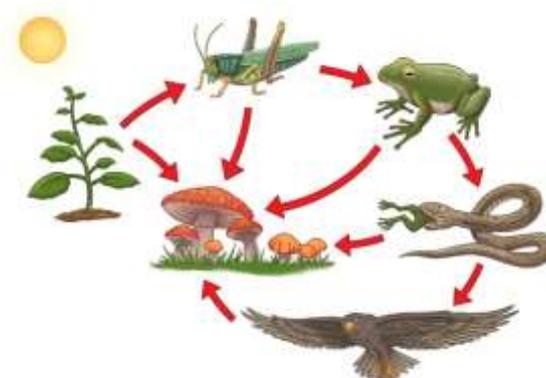
FASE 6: FOTOSSÍNTESE E SERES VIVOS

DÉCIMA PRIMEIRA ATIVIDADE INVESTIGATIVA – aula teórica dialogada/questões

A FOTOSSÍNTESE E O ECOSISTEMA²⁴

A fotossíntese é, sem dúvida, essencial para os ecossistemas. Além disso, é responsável por fornecer oxigênio utilizado por grande parte dos seres vivos para processos de obtenção de energia. É importante destacar também que os organismos fotossintetizantes fazem parte do primeiro nível trófico das cadeias e teias alimentares, sendo eles, portanto, a base na cadeia trófica, como mostra a figura 27.

Figura 27 – Exemplo de teia alimentar.



Fonte: <encurtador.net/adluN>.

Ao ser consumida, a energia acumulada pelos produtores passa para o próximo nível trófico. Desse modo, podemos concluir que, para um ecossistema funcionar adequadamente, é preciso capturar energia solar e realizar sua conversão para a biomassa dos organismos fotossintetizantes.

Dessa forma, plantas, algas e cianobactérias são produtores que obtêm sua energia do sol, isto é, são seres autótrofos. Os consumidores também obtêm sua energia direta ou indiretamente do produto fotossintético, uma vez que se alimentam dos vegetais (produtores) ou de animais (que foram alimentados pelos produtores). A única exceção, são alguns tipos de bactérias e certos organismos que vivem em fontes termais e/ou mares profundos e que metabolizam o enxofre para seus requerimentos energéticos.

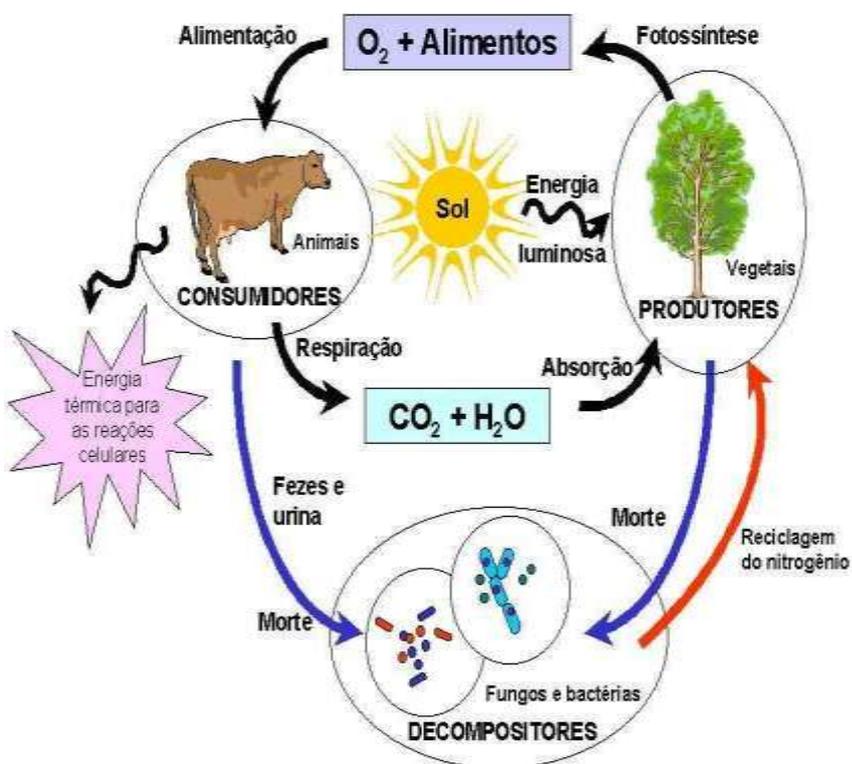
²⁴ Baseado em: MENDONÇA, Vivian L. *Biologia: ecologia, origem da vida e biologia celular, embriologia e histologia*. Editora AJS. São Paulo. v 1. 3. ed, p. 195-196, 2016. (Coleção biologia)

Questões

1- Ao longo da cadeia alimentar ocorre transferência de matéria e de energia entre os seres vivos. Como o primeiro nível trófico, representado pelas plantas, obtém energia para sua sobrevivência e dos demais seres?

2- Analisando a imagem a seguir (Figura 28), construa um breve texto relacionando os temas anteriores com a importância da fotossíntese para a natureza.

Figura 28 – Fotossíntese.



Fonte: <http://bioquimica.xpg.uol.com.br/Ciclo_Vida_Morte.jpg>.

FASE 7: FOTOSSÍNTESE

DÉCIMA SEGUNDA ATIVIDADE INVESTIGATIVA – jogo

JOGO – FOTOSSÍNTESE: VAMOS QUEBRAR A CABEÇA?

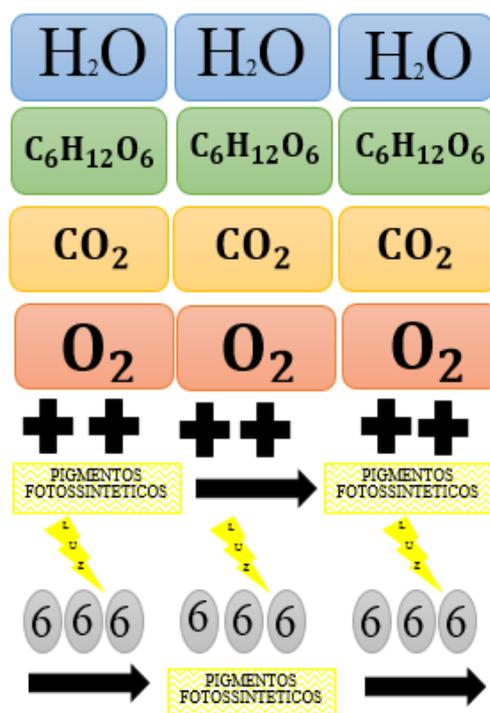
Objetivos:

Montar a equação geral da fotossíntese usando as fichas (Figura 29) entregues a cada grupo;
Produzir texto relacionando a fotossíntese e os conteúdos trabalhados no decorrer da SEI “Investigando a Fotossíntese”.

Regras:

- Cada equipe deve utilizar todas as fichas (Figura 29) recebidas para montar a equação geral da fotossíntese;
- Não usar aparelho celular/internet durante a realização do jogo;
- Ganha o jogo a equipe que enviar primeiro foto da equação e textos produzidos para rede social (WhatsApp) para a mediadora.

Figura 29 – Fichas com os elementos da equação do jogo.²⁵



Fonte: Autoria própria.

²⁵ Ficha para imprimir no Apêndice III

DÉCIMA TERCEIRA ATIVIDADE INVESTIGATIVA – avaliação final

Questões

1- A fotossíntese libera para a atmosfera:

- a) o oxigênio oriundo da água;
- b) o oxigênio proveniente do gás carbônico;
- c) o gás carbônico proveniente da respiração;
- d) o vapor d'água absorvido pela luz;
- e) o gás carbônico e o oxigênio provenientes da respiração.

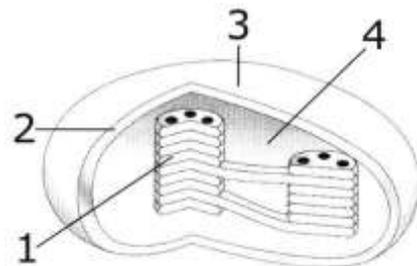
2- (EFES) A fotossíntese ocorre por meio da absorção da energia luminosa pelos pigmentos contidos nos cloroplastos. No entanto, os pigmentos absorvem a energia luminosa em diferentes comprimentos de onda

Em relação a esse processo. É incorreto afirmar que:

- a) os vegetais expostos ao comprimento de onda de 500 nm, cor verde, apresentam uma baixa taxa fotossintética.
- b) as clorofilas são pigmentos que apresentam a cor verde devido à reflexão desse comprimento de onda.
- c) o comprimento de onda que apresenta uma maior absorção corresponde ao azul.
- d) as plantas expostas ao comprimento de onda 650 nm (vermelho curto) apresentam taxa de fotossíntese igual a zero.
- e) a integração funcional dos vários pigmentos permite uma maior eficiência na captação da energia luminosa.

3- (PUC-MG) De acordo com o esquema abaixo, qual é a associação correta?

- a) Fotofosforilação cíclica ocorre em 1.
- b) Fotofosforilação acíclica ocorre em 3.
- c) Ciclo de Krebs ocorre em 4.
- d) Ciclo de Calvin ocorre em 2.
- e) Glicólise ocorre em 1.



4- (UDESC 2008) Assinale a alternativa que indica corretamente a principal função da fotólise da água.

- a) Fornecer hidrogênio, para ativar o complexo ATP sintetase, e repor elétrons perdidos pelas moléculas de clorofila.
- b) Quebrar glicose, produzindo oxigênio e ATP, para os seres aeróbios.
- c) Produzir oxigênio, para ativar o sistema ATP sintetase.
- d) Garantir a estabilidade molecular da água que circula nos vasos do xilema e do floema
- e) Garantir a oxidação da glicose.

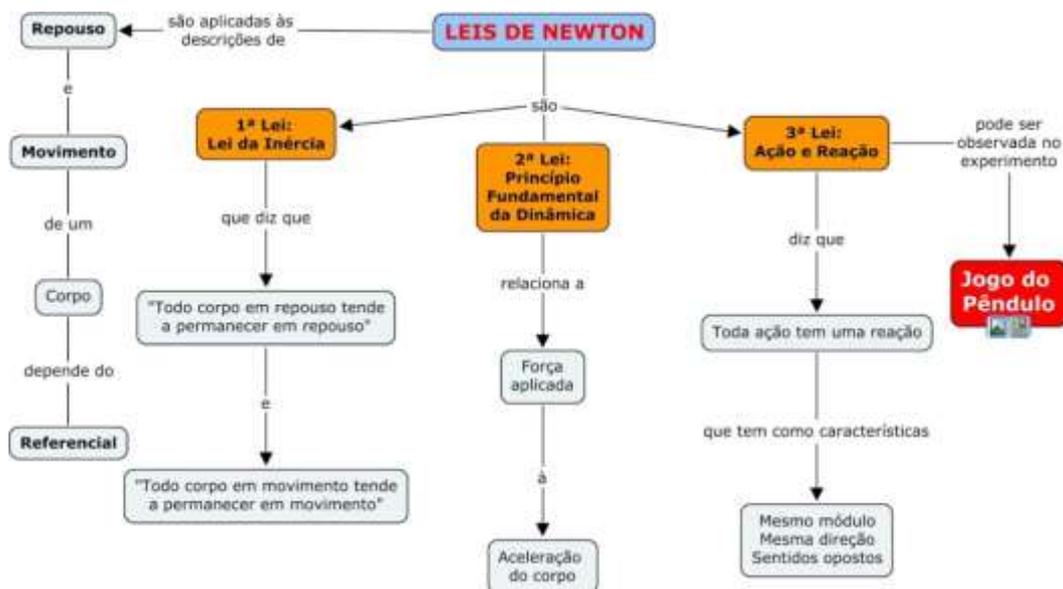
5- Em relação à fotossíntese, assinale como verdadeiro ou falso:

- () Na etapa fotossintética ocorre a produção de ATP, NADPH₂, fotólise de H₂O e produção de O₂ livre.
- () Temperaturas muito altas e baixas concentrações de CO₂ podem reduzir a velocidade da fotossíntese.
- () A taxa de fotossíntese é igual à de respiração no ponto de compensação de uma planta.
- () A formação de ATP e NADPH₂ durante a etapa fotoquímica da fotossíntese ocorre, respectivamente, por redução e fotofosforilação.

Mapa Conceitual

- Elabore, individualmente, um mapa conceitual abordando os conceitos que foram estudados ao longo da SEI. Relacione os temas das fases com o processo de fotossíntese. Em seguida são apresentados dois exemplos de mapas conceituais. Vamos antes de fazer o seu, dar uma olhada nos exemplos e tirar dúvidas com o professor?

Figura 30 – Exemplo de mapa conceitual: Leis de Newton



Fonte: <http://experimentandofisica.blogspot.com/2012/12/mapas-conceituais_10.html>.

Figura 31 – Exemplo de mapa conceitual: Transferência de calor.



Fonte: <http://experimentandofisica.blogspot.com/2012/12/mapas-conceituais_10.html>.

Agora é hora de fazer o seu próprio mapa conceitual!

APÊNDICE I – Tutorial Simulador PhET

O que é o simulador *PhET*²⁶?

O simulador *PhET* é um recurso didático fornecido pelo site *PhET Interactive Simulations*, de forma gratuita para que todos tenham acesso. O site oferece diversas simulações de matemática e ciências, previamente testadas e avaliadas para facilitar e assegurar a eficácia educacional, entretanto, destacaremos aqui a simulação: Formas de energia e Transformações.

O site (Figura 1) fornece diversas ferramentas para que o estudante consiga interagir, em tempo real, com os recursos da simulação. Dessa forma, o efeito das mudanças feitas pelos estudantes aparece imediatamente.

Assim, utilizar o simulador *PhET* pode ser útil no processo de aprendizagem tanto para estudantes quanto para professores, pois torna as aulas mais dinâmicas e interativas, incentiva a investigação científica e usa conexões com a realidade dos estudantes.

Figura 1 – Layout do site *PhET*.



Fonte: <https://phet.colorado.edu/pt_BR/about>.

²⁶ Site do *PhET* pode ser acessado pelo endereço eletrônico: <https://phet.colorado.edu/pt_BR/about>.

Como acessar o simulador *PhET: Formas de energia e Transformações*?

1º passo: acesse o endereço eletrônico do *PhET* <

https://phet.colorado.edu/sims/html/energy-forms-and-changes/latest/energy-forms-and-changes_pt_BR.html>

2º passo: selecione a opção: Sistemas (Figura 2).

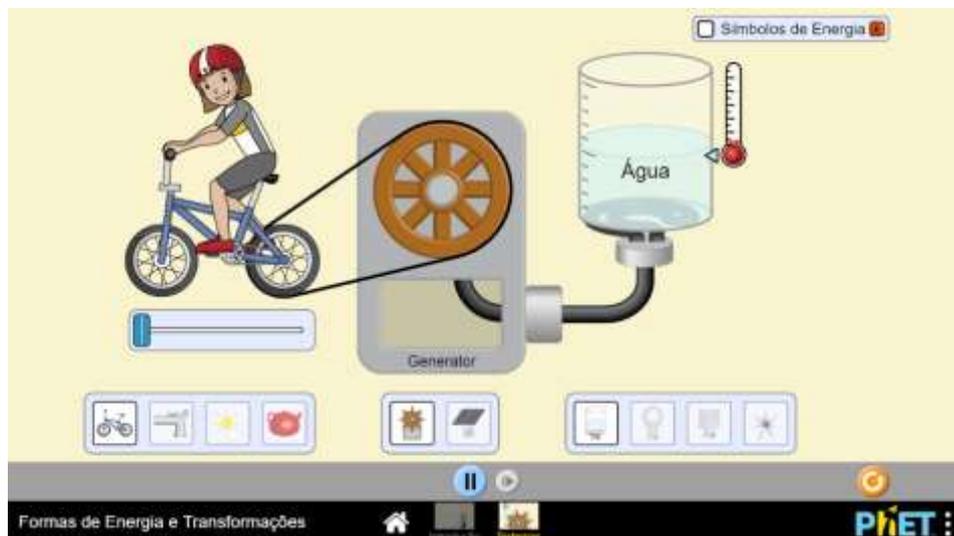
Figura 2 – Esquema do experimento.



Fonte: < https://phet.colorado.edu/sims/html/energy-forms-and-changes/latest/energy-forms-and-changes_pt_BR.html >.

3º passo: Após clicar nesta opção irá aparecer a seguinte página (Figura 3).

Figura 3 – Esquema do experimento.



Fonte: < https://phet.colorado.edu/sims/html/energy-forms-and-changes/latest/energy-forms-and-changes_pt_BR.html >.

4º passo: Agora, você pode escolher e modificar as fontes de energia (menina pedalando/realizando trabalho, torneira saindo água, sol e vapor d'água), os geradores (gerador e painel fotovoltaico) e os dispositivos elétricos (lâmpadas e ventilador), apenas interagindo com o simulador.

Agora que você já sabe mexer no simulador, explique aos estudantes o objetivo da tarefa, peça para eles seguirem os procedimentos do roteiro. Incentive a interação e participação efetiva dos alunos. Faça questionamentos sobre o que pode ocorrer ao trocar uma fonte por outra ou ao mudar os geradores e dispositivos. Por exemplo, ao escolher o sol como fonte de energia, o painel fotovoltaico e um dispositivo elétrico (Figura 4), você pode explicar o processo de fotossíntese, associando-o com os processos de transformações de energia e o cotidiano do aluno.

Figura 4 – Exemplo do simulador.



Fonte: < https://phet.colorado.edu/sims/html/energy-forms-and-changes/latest/energy-forms-and-changes_pt_BR.html >.

APÊNDICE II – Mapa Conceitual²⁷

Mapa Conceitual

Mapas conceituais são diagramas que indicam relações entre conceitos ou entre as palavras que utilizamos para representar os conceitos. Joseph Novak e colaboradores desenvolveram a técnica do mapa conceitual em meados da década de setenta na Universidade de Cornell (Estados Unidos).

Os mapas conceituais são fundamentados na teoria cognitivista de aprendizagem de David Ausubel. No ensino, o mapa conceitual pode ser utilizado como recurso didático para que os estudantes organizem conceitos, obtendo, assim, evidências da aprendizagem significativa.

Portanto, utilizar mapas conceituais em sala de aula permite ao professor avaliar o desempenho dos estudantes, verificando os novos significados que são atribuídos aos conceitos.

Exemplo de como elaborar um mapa conceitual:

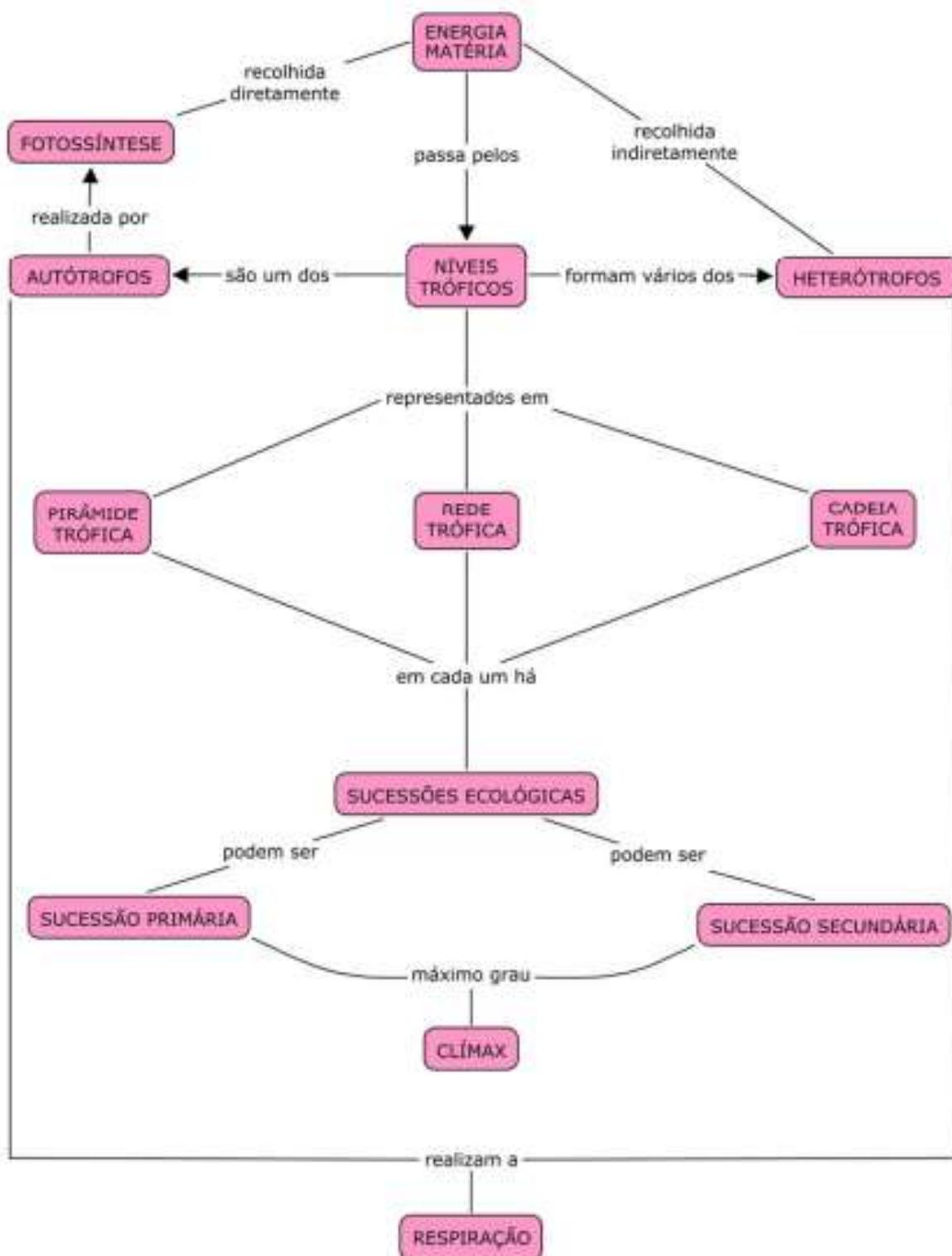
- 1º passo:** Identifique e liste entre 6 e 10 conceitos-chave do conteúdo a ser mapeado.
- 2º passo:** Organize os conceitos do(s) mais geral(is) e inclusivo(s) aos mais específicos.
- 3º passo:** Conecte os conceitos com linhas, explicitando a relação entre os conceitos.
- 4º passo:** Para dar um sentido a uma relação pode utilizar setas.
- 5º passo:** Busque relações horizontais e cruzadas entre os conceitos, evitando relações triviais.
- 6º passo:** Se achar necessário, reorganize os conceitos.

A Figura 1 mostra um exemplo de mapa conceitual.

²⁷ Síntese fundamentada nas concepções de MOREIRA, 2012.

MOREIRA, Marco Antonio. Mapas conceituais e aprendizagem significativa. Instituto de Física – UFRGS. Porto Alegre – RS. 2012. Disponível em: <<http://moreira.if.ufrgs.br/mapasport.pdf>>

Figura 1 – Exemplo de mapa conceitual



Fonte: MOREIRA, 2012²⁸

²⁸ MOREIRA, Marco Antonio. Mapas conceituais e aprendizagem significativa. Instituto de Física – UFRGS. Porto Alegre – RS. 2012. Disponível em: <<http://moreira.if.ufrgs.br/mapasport.pdf>>

APÊNDICE III – Ficha para imprimir com os elementos da equação do jogo

