UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FORMAÇÃO CIENTÍFICA, EDUCACIONAL E TECNOLÓGICA – PPGFCET

SILMARA TEREZINHA PIRES CORDEIRO

DESENVOLVIMENTO DE JOGO PARA O ENSINO DE BIOLOGIA - LUDO DA FOTOSSÍNTESE

DISSERTAÇÃO

CURITIBA
2015

SILMARA TEREZINHA PIRES CORDEIRO

DESENVOLVIMENTO DE JOGO PARA O ENSINO DE BIOLOGIA - LUDO DA FOTOSSÍNTESE

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ensino de Ciências do Programa de Pós-Graduação em Formação Científica, Educacional e Tecnológica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Professor Dr. Arandi Ginane Bezerra Jr

CURITIBA
2015

TERMO DE LICENCIAMENTO

Esta Dissertação e o seu respectivo Produto Educacional estão licenciados sob uma Licença Creative Commons *atribuição uso não-comercial/compartilhamento sob a mesma licença 4.0 Brasil*. Para ver uma cópia desta licença, visite o endereço http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/ ou envie uma carta para Creative Commons, 171 Second Street, Suite 300, San Francisco, California 94105, USA.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

C794d 2015

Cordeiro, Silmara Terezinha Pires
Desenvolvimento de jogo para o ensino de biologia : ludo da fotossíntese / Silmara Terezinha Pires Cordeiro.-- 2015.
85 f.: il.; 30 cm

Texto em português, com resumo em inglês.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Formação Científica, Educacional e Tecnológica, Curitiba, 2015.
Bibliografia: f. 77-84.

1. Biologia - Estudo e ensino (Ensino médio). 2. Fotossíntese. 3. Jogos educativos. 4. Aprendizagem. 5. Prática de ensino. 6. Tecnologia educacional. 7. Ciência - Estudo e ensino - Dissertações. I. Bezerra Junior, Arandi Ginane, orient. II. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-graduação em Formação Científica, Educacional e Tecnológica. III. Título.

CDD: Ed. 22 -- 507.2

Biblioteca Central da UTFPR, Câmpus Curitiba

TERMO DE APROVAÇÃO

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO Nº 09/2015

Desenvolvimento de jogo para o ensino de Biologia – Ludo da Fotossíntese

por
Silmara Terezinha Pires Cordeiro

Esta dissertação foi apresentada às 14h do dia 18 de dezembro de 2015 como requisito parcial para a obtenção do título de **Mestre em Ensino de Ciências**, com área de concentração em *Ciência, Tecnologia e Ambiente Educacional* e linha de pesquisa *Formação de Professores de Ciências* do Mestrado Profissional do **Programa de Pós-Graduação em Formação Científica, Educacional e Tecnológica**. A candidata foi arguida pela banca examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a banca examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Dr. Arandi Ginane Bezerra Junior
(UTFPR - orientador)

Prof. Dr. Carlos Eduardo Fortes Gonzalez
(UTFPR)

Prof. Dr. Thiago Demetrius Woiski
(IPPP)

- A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Programa -

AGRADECIMENTOS

A Deus por ter me dado saúde e força para superar as dificuldades.

A esta universidade, seu corpo docente, direção e administração pela oportunidade de fazer o curso.

Ao meu orientador Arandi Ginane Bezerra Jr, pelo suporte e pelo empenho dedicado à elaboração deste trabalho. Pelas suas correções e incentivos.

À minha mãe Lenita, pelo incentivo e apoio incondicional. Mesmo com todos os problemas de saúde ocorridos nestes anos, não deixou de me apoiar.

Agradeço especialmente à minha filha Andressa pelo incentivo, pela digitação de partes do trabalho, poupando minhas mãos durante a fase aguda da tendinite, pelas inúmeras vezes em que testamos o material de apoio, pelas sugestões de modificação para que o trabalho fosse aprimorado e, claro, pelo apoio e carinho que sempre me dedicou.

Agradeço aos professores Sam e Ana Inez por sua participação direta na elaboração do material didático, sempre terão meus eternos agradecimentos.

Agradeço a todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigado.

Há escolas que são gaiolas e há escolas que são asas.Escolas que são gaiolas existem para que os pássaros desaprendam a arte do vôo. Pássaros engaiolados são pássaros sob controle. Engaiolados, o seu dono pode levá-los para onde quiser. Pássaros engaiolados sempre têm um dono. Deixaram de ser pássaros. Porque a essência dos pássaros é o vôo.Escolas que são asas não amam pássaros engaiolados. O que elas amam são pássaros em vôo. Existem para dar aos pássaros coragem para voar. Ensinar o vôo, isso elas não podem fazer, porque o vôo já nasce dentro dos pássaros. O vôo não pode ser ensinado. Só pode ser encorajado. (Rubem Alves, 2004)

RESUMO

CORDEIRO, Silmara T. P.DESENVOLVIMENTO DE JOGO PARA OENSINO DE BIOLOGIA – LUDO DA FOTOSSÍNTESE. 2015,85 p. Dissertação (Mestrado Profissional em Formação Científica, Educacional e Tecnológica) – Programa de Pós-Graduação em Formação Científica, Educacional e Tecnológica – PPGFCET, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR. Curitiba, 2015

Os mecanismos bioquímicos da Fotossíntese estão entre os conteúdos indicados tanto por professores quanto por estudantes de ensino médio como um tema que traz dificuldades no seu ensino-aprendizagem. O presente trabalho procura auxiliar neste processo, sendo uma alternativa para o ensino da Fotossíntese, de maneira lúdica, sem deixar de lado a relevância dos conceitos científicos. A produção de um jogo didático intitulado Ludo da Fotossíntese busca ser uma ferramenta que auxilie na compreensão dos mecanismos bioquímicos da Fotossíntese. O jogo foi elaborado com base na literatura referente a jogos didáticos e ao conteúdo de Biologia, considerando-se também os materiais didáticos já existentes disponíveis sobre o tema. Os jogos didáticos proporcionam modos diferenciados de aprendizagem de conceitos. Devido a seu aspecto lúdico, constituem uma motivação adicional para que os estudantes busquem o conhecimento. Proporcionam, ainda, a socialização, melhorando as condições de ensino-aprendizagem e momentos de afetividade e cooperação. Sob o aspecto pedagógico foi utilizado durante o planejamento do jogo e no processo de validação, como eixo norteador, o conceito de Alfabetização Científica. Como resultados podem se elencar que os estudantes demonstraram interesse pelos estudos científicos, entusiasmo ao jogar, empatia com os demais colegas durante o jogo, espírito esportivo diante das dificuldades e interesse em repetir a atividade. Os resultados da aplicação do jogo no contexto da sala de aula indicam sua real possibilidade de utilização.

Palavras-chave: Fotossíntese. alfabetização cientifica, jogos de Biologia.

ABSTRACT

CORDEIRO, Silmara T. P. GAME DEVELOPMENT IN BIOLOGY TEACHING - PHOTOSYNTHESIS LUDO. 2015 Master's Thesis – Graduation in Scientific, Educational and Technological Capacity Building. Federal University of Technology, Paraná. Curitiba, 2015.

These biochemical mechanisms lie behind common issues associated with difficulties in teaching and learning certain fundamental processes in biology classes at secondary level. This work seeks to present an alternative approach to the teaching of photosynthesis, in a playful manner, without ignoring the relevance of key scientific concepts. This work aims at the production of an educational game entitled Photosynthesis Ludo. It refers to a board game as a pedagogical tool in teaching of biochemical mechanisms related to photosynthesis. The game is based on the literature regarding educational games and biology contents, and takes into account other available teaching materials on the subject. Educational games constitute different and powerful ways in science concepts learning for they provide an additional motivation for students. They also stimulate socialization and cooperation, together with improving teaching and learning conditions. The concept of Scientific Literacy was taken as a guideline for both game planning and validation. Our results indicate the feasibility applying the game in the context of biology classes in Brazilian public schools. The results can be to list the students showed an interest in science education, enthusiasm to play, empathy with other colleagues during the game, sportsmanship face of difficulties and interest in repeating the activity. The results of the application of the game in the context of the classroom indicate a real possibility of use.

Keywords: photosynthesis. scientific literacy, Biology games.

LISTA DE FIGURAS

Fig. 01. Eixos Estruturantes da Alfabetização Científica.
Fonte: Sasseron e Carvalho, 2008; adaptado..... 08
Fig. 02. Indicadores da Alfabetização Científica.
Fonte: Sasseron,2008; adaptado..... 10
Fig. 03. Escala de proficiência e interpretação pedagógica (ABRAMUNDO, 2014). Adaptado..... 17
Fig. 04A. Aula expositiva com uso de *data show*
Fonte: autora.....45
Fig. 04B. Aula expositiva com uso de *data show*
Fonte: autora.....46
Fig. 05A. Extrato de folhas vegetais sob lâmpada de luz negra apagada.
Fonte: autora.....46
Fig. 05B. Extrato de folhas vegetais sob lâmpada de luz negra acesa, fluorescendo.
Fonte autora.....46
Fig. 06. Montagem do modelo de cloroplasto em sala de aula.
Fonte autora.....47
Fig. 07. Modelo de Cloroplasto montado.
Fonte: autora.....47
Fig. 08A. Tabuleiro – grupo 01
Fonte: autora.....48
Fig. 08B. Organização das cartas pelo grupo 01
Fonte: autora.....48
Fig. 09A. Tabuleiro – grupo 02
Fonte: autora.....49
Fig. 09B. Organização das cartas, grupo 02
Fonte: autora.....49

Fig. 10A. Tabuleiro – grupo 03
Fonte: autora.....49
Fig. 10B. Organização das cartas, grupo 03
Fonte: autora.....50
Fig. 11A.Organização das cartas, grupo 04
Fonte: autora.....50
Fig. 11B. Tabuleiro, grupo 04
Fonte: autora.....50
Fig. 12A. Tabuleiro, grupo 05
Fonte: autora.....51
Fig. 12B. Organização do jogo – grupo 05
Fonte: autora.....51
Figura 13: Avaliação da aceitação do jogo.
Fonte: autora.....63
Figura 14: Avaliação do tempo necessário para cada partida.
Fonte: autora.....64
Figura 15: Avaliação sobre a popularidade do jogo.
Fonte: autora.....65
Figura 16: Avaliação sobre possíveis alterações no jogo.
Fonte: autora.....66
Figura 17: Avaliação sobre possíveis alterações no jogo.
Fonte: autora.....67
Figura 18: Autoavaliação de aprendizagem utilizando o jogo.
Fonte: autora.....67
Figura 19: Avaliação quanto à clareza das regras do jogo.
Fonte: autora.....69
Figura 20: Avaliação quanto ao formato do jogo.
Fonte: autora.....70

Figura 21: Análise da experiência pessoal dos estudantes com relação ao jogo.
Fonte: autora.....72

LISTA DE TABELAS

Tabela 01: Distribuição dos respondentes segundo níveis da escala de proficiência. 2014. Fonte: ABRAMUNDO, 2014..... 18

Tabela 02: Distribuição por nível segundo escolaridade completa
Fonte: ABRAMUNDO, 20014.....19

Tabela 03: Histórico das principais pesquisas sobre a Fotossíntese.
Fonte: HAO e RAO, 1980; RAVEN, 2007; TAIZ e ZEIGER, 2009. Adaptado.....27

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Análise do livro 01: Biologia volume 1, autores Sérgio Linhares e Fernando Gewandsznajder, Editora Ática, 1ª edição, 2011.
Critérios para análise de VASCONCELOS e SOUTO, 2003 adaptados por SARTIN, 2012.....36

Quadro 2 – Análise do livro 02: Biologia 1ª série, autora Vivian L. Mendonça, 2ª edição A.J.S., 2013.
Critérios para análise de VASCONCELOS e SOUTO, 2003 adaptados por SARTIN, 2012.....37

Quadro 3 – Análise do livro 03: Ser Protagonista volume 1, editora responsável Tereza Castro Osorio, obra coletiva da Editora S.M, 2ª Edição, 2013.
Critérios para análise de VASCONCELOS e SOUTO, 2003 adaptados por SARTIN, 2012.....38

SUMÁRIO

1. **INTRODUÇÃO**.....01
1.1.MOTIVAÇÃO PESSOAL 03
1.2. OBJETIVOS.....03
1.2.1. Objetivo Geral.....03
1.2.2. Objetivos Específicos.....04

1.3. JUSTIFICATIVA.....04

2. **FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**.....06
2.1. ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA.....06
2.2. EIXOS ESTRUTURANTES DA ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA.....07
2.3. INDICADORES DE ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA DOS BRASILEIROS.....15

3. **CURRÍCULO, FOTOSSÍNTESE E JOGOS DIDÁTICOS**.....21
3.1. DIRETRIZES CURRICULARES DE BIOLOGIA DO ESTADO DO PARANÁ.....21
3.2. PARÂMETROS CURRICULARES NACIONAIS DO ENSINO MÉDIO.....22
3.3. IMPORTÂNCIA DA FOTOSSÍNTESE.....23
3.4. FOTOSSÍNTESE.....25
3.5. HISTÓRICO DA CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO CIENTÍFICO ACERCA DO PROCESSO FOTOSSINTÉTICO.....26
3.6. JOGOS DIDÁTICOS.....31

3.7. IMPORTÂNCIA DA FOTOSSÍNTESE PARA A AGRICULTURA NO MUNICÍPIO DE UNIÃO DA VITÓRIA E NO ESTADO DO PARANÁ.....32

4. **MÉTODOS**.....35
4.1. ANÁLISE DOS LIVROS DIDÁTICOS SOBRE O TEMA FOTOSSÍNTESE.....35
4.2. DESENVOLVIMENTO DO JOGO.....40
4.2.1. Descrição da Elaboração do Jogo.....40
4.2.2. Critérios de Análise dos Questionários Utilizados para a Validação do Jogo.....43
4.3. IMPLEMENTAÇÃO DO JOGO EM SALA DE AULA.....45

5. **RESULTADOS E DISCUSSÃO**.....46
5.1. ANÁLISE DOS LIVROS DIDÁTICOS.....52
5.1.1. Equação Geral da Fotossíntese.....54
5.1.2. Divisão Didática da Fotossíntese.....55
5.1.3. Pigmentos Acessórios da Fotossíntese.....56
5.1.4. Função dos Sais Minerais.....58
5.2. ANÁLISE DA SEQÜENCIA DIDÁTICA.....59
5.3. ANÁLISE DOS QUESTIONÁRIOS UTILIZADOS PARA A VALIDAÇÃO DO JOGO.....62

6. **CONCLUSÃO**.....75

7. **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**.....77

APÊNDICE.....85

1. INTRODUÇÃO

O ensino de Ciências Naturais nos diversos níveis de ensino é complexo e sujeito a dificuldades por conta de vários fatores: fragmentação dos conteúdos, características socioculturais dos estudantes, condições físicas inadequadas tanto de salas de aula quanto de laboratórios, formação dos professores e suas concepções teóricas, entre outros (MIZUTANI, 2010; DELIZOICOV, 2009). Objetivando a construção de um material de apoio para os professores, foram inicialmente realizadas revisões bibliográficas e um levantamento de dados acerca das legislações a respeito do Ensino de Biologia no âmbito dos Governos Federal e do Estado do Paraná. A inspiração do trabalho é o desejo de auxiliar professores de Biologia na superação de ideias do senso-comum, para além de concepções alternativas, visando estabelecer concepções adequadas ao ensino do conteúdo Fotossíntese para, desta maneira, também contribuir no processo de Alfabetização Científica dos estudantes.

Assim, o presente trabalho parte do pressuposto de que o ensino de Biologia está sujeito à influência dos documentos oficiais que, apesar de apresentarem concepções dicotômicas, devem ser respeitados em sua essência. Ao mesmo tempo, no que tange especificamente ao ensino da Fotossíntese, notam-se deficiências e simplificações comprometedoras nos livros didáticos (MARANDINO, 2009) e percebe-se que este conteúdo é abordado, na maioria das vezes, em um capítulo sobre Metabolismo Celular, com muita ênfase em suas equações químicas. No processo, ocorre a simplificação do ensino da Fotossíntese; por exemplo, não há nenhuma referência à função dos sais minerais neste processo (KRAUS,2005).

Outro ponto a ser considerado é a importância de se levar em consideração as concepções prévias, pois: “*os estudantes conseguem explicar o processo fotossintético, porém de uma forma extremamente reduzida.”* (BANDEIRA, 2013, p. 13). Bandeira (2013) também destaca que seria bastante útil para a elaboração de atividades didáticas *“conhecer as concepções alternativas sobre esse processo”*.

Neste sentido, também é importante refletir sobre a influência do livro didático que, muitas vezes, acaba por reforçar ideias equivocadas. Pires (2013) afirma que:*”muitas vezes, o livro didático se resume à única fonte de consulta do professor”.*Assim, se estes livros tiverem uma abordagem pouco rigorosa ou

superficial, os conteúdos podem ser transmitidos de forma equivocada.Portanto, um problema a ser considerado é "*que algumas concepções alternativas dos estudantes e dos professores poderão ser reforçadas, comprometendo o processo ensino-aprendizagem de forma significativa."*(PIRES,*et al.*, 2013 p. 103).

Outro aspecto que norteia esta dissertação de mestrado profissional são as dificuldades, de um ponto de vista mais geral, encontradas na Educação. A este respeito, Chassot faz uma interessante reflexão sobre os desafios enfrentados pelo ensino no Brasil e no mundo:

> *"*Dados contidos no relatório do Fundo das Nações Unidas para a Infância informam que nos países em desenvolvimento 40% das crianças têm aprendizado considerado insuficiente [...] Lamentavelmente se consta que o Brasil, junto com a Guatemala, tem o maior índice de reprovação da América Latina." (CHASSOT, 2014 p. 70).

Chassot (2014) também afirma que se deve buscar alternativas para oferecer uma Alfabetização Científica a todas as pessoas por que "*fazê-los cidadãos e cidadãs mais críticos é nosso continuado, mas aparentemente novo desafio*". (CHASSOT 2014, p. 70).

O presente trabalho procura fornecer uma alternativa para o ensino do conteúdo Fotossíntese, considerando suas especificidades. Além disso, busca-se inseri-lo em um contexto no qual o processo de Alfabetização Científica seja algo mais próximo da realidade dos estudantes. Objetivando a produção de um material didático que facilite o ensino-aprendizagem do conteúdo Fotossíntese levando em consideração, principalmente, as dificuldades conceituais e em sala de aula de ensino e aprendizagem do mesmo. Buscou-se a construção de uma proposta de ensino que privilegiasse a autonomia do aluno no processo educativo e a reflexão pedagógica sobre as abordagens metodológicas utilizadas no ensino deste conceito biológico.

1.1. MOTIVAÇÃO PESSOAL

O ensino da Biologia sofre muitos entraves que dificultam o desenvolvimento do ensino e da aprendizagem. Dentre estes, destacam-se a própria formação dos docentes, que possui muita ênfase em determinados conteúdos, mas diversas carências em outros, e a falta de aproximação com a sala de aula e com as demandas do cotidiano escolar.

No meu[1] caso, sou formada em Ciências Biológicas desde 2004 e leciono desde 2005 em escolas do município de União da Vitória. Durante esses 10 anos de trabalho em sala de aula, tenho percebido diversas dificuldades no ensino de conceitos da Biologia. No caso do conteúdo Fotossíntese percebo que as concepções alternativas constituem um obstáculo ao aprendizado correto dos conceitos. Refletindo sobre o assunto, surgiu o desejo de fazer algo que contribuísse para mudar esse cenário.

Foi a oportunidade de participar do Programa de Pós-Graduação em Formação Científica e Tecnológica ofertado pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná que me proporcionou trabalhar neste projeto.

Durante este tempo de estudo, várias reflexões surgiram, acabei me deparando com a dificuldade de encontrar materiais didáticos adequados ao ensino da Fotossíntese. Percebi que nos materiais encontrados existe a omissão de informações e conceitos relevantes, o que levou a um processo de construção de um material didático que servisse de complemento aos existentes para ensino da Fotossíntese no Ensino Médio.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. OBJETIVO GERAL:

Produzir um Jogo de tabuleiro tendo como tema a Fotossíntese.

[1]Nesta seção (1.1), optou-se pelo uso da primeira pessoa a fim de dar ênfase ao processo de ordem pessoal que norteou o desenvolvimento do trabalho deste mestrado profissional.

1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Investigar aspectos da abordagem do tema Fotossíntese no Livro Didático Público (LDP) e Programa Nacional do livro Didático(PNLD), e nos documentos oficiais:Leis de Diretrizes e Bases da Educação Nacional(LDB),e Diretriz Curricular Estadual de Biologia do Estado do Paraná.(DCE/BIO- PR).
- Elencar os livros de Biologia mais utilizados na rede pública estadual de educação, situada na área urbana do município de União da Vitória, para o primeiro ano do ensino médio. Identificar e comparar conceitos sobre Fotossíntese contidos em tais obras, analisando dados como: adequação à série, clareza do texto, nível de atualização do texto e grau de coerência entre as informações apresentadas.
- Elaborar um material didático de apoio sobre o tema Fotossíntese que possa ser utilizado pelos professores de Biologia atuantes no primeiro ano do ensino médio.
- Produzir e utilizar em sala de aula um Jogo sobre o tema e uma proposta de ensino para uso do mesmo visando estimular a Alfabetização Científica.

1.3. JUSTIFICATIVA

O ensino de Ciências é de fundamental importância, pois, com o avanço das pesquisas em diversos campos, especialmente o da Biologia, ganham cada vez mais destaque na mídia as notícias com, por exemplo, promessas: 1- de cura do câncer, da AIDS e outras doenças por meio do uso de células tronco; 2- de acabar com a fome no mundo por meio do uso de alimentos transgênicos, que aumentariam as safras e ainda criariam alimentos que, além de possuírem mais nutrientes, poderiam ser utilizados como medicamentos; 3- de criação de combustíveis sustentáveis, dentre os quais se destacam os biocombustíveis como o etanol; 4- das pesquisas sobre a Fotossíntese sintética, dentre outras. Muitas vezes, apático a todo esse movimento científico, caminha o trabalho da sala de aula. A este respeito é

notável o expresso no documento do MEC denominado Orientações Curriculares para o Ensino Médio, volume 2,no qual existe a seguinte afirmativa:

> "[...] apesar de a Biologia fazer parte do dia-a-dia da população, o ensino dessa disciplina encontra-se tão distanciado da realidade que não permite à população perceber o vínculo estreito existente entre o que é estudado na disciplina Biologia e o cotidiano. Essa visão dicotômica impossibilita ao aluno estabelecer relações entre a produção científica e o seu contexto, prejudicando a necessária visão holística que deve pautar o aprendizado sobre a Biologia. O grande desafio do professor é possibilitar ao aluno desenvolver as habilidades necessárias para a compreensão do papel do homem na natureza. Para enfrentar esses desafios e contradições, o ensino de Biologia deveria se pautar pela alfabetização científica. Esse conceito implica três dimensões: a aquisição de um vocabulário básico de conceitos científicos, a compreensão da natureza do método científico e a compreensão sobre o impacto da ciência e da tecnologia sobre os indivíduos e a sociedade.Essa proposta depende, para a concretização, de que o professor se torne um mediador entre o conhecimento sistematizado e o aluno, para que este consiga transpor para o cotidiano os conteúdos apropriados em sala de aula." (BRASIL,2008, p.17-18).

A propósito da necessidade de transpor estes conteúdos importantes para o cotidiano, Driver *et al*. (1999) afirmam que "*para que os alunos adotem formas científicas de conhecer é essencial que haja intervenção e negociação com a autoridade, normalmente o professor*". Portanto, a formação e a intervenção do professor são fundamentais neste processo. Daí também a importância dos materiais didáticos.

É neste contexto que se enquadra a presente proposta de produção de jogo didático. A escolha dos objetivos do trabalho se justifica, portanto, tendo em vista a importância da produção de materiais didáticos inovadores e portadores de contribuições significativas ao processo de ensino-aprendizagem. Trata-se de reforçar, colaborar e aprofundar projetos que buscam apresentar alternativas metodológicas e complementação de conteúdo aos professores e estudantes, em especial no âmbito da escola pública.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA

Existem várias discussões sobre a melhor definição de Alfabetização Científica. Para Chassot (2003), o entendimento da ciência pode nos preparar para prever e controlar as transformações ocorridas na natureza, o ideal seria que pessoas *alfabetizadas cientificamente* "*não apenas tivessem facilitada a leitura do mundo em que vivem, mas entendessem as necessidades de transformá-lo – e preferencialmente transformá-lo para algo melhor*." (CHASSOT, 2003, p.91).

Pode-se, portanto, considerar a Alfabetização Científica como um conjunto de saberes que facilitariam a leitura do mundo para homens e mulheres. ."*Usualmente conhecer a Ciência é assunto quase vedado àqueles que não pertencem a essa esotérica comunidade científica*", Chassot nos chama atenção para outra questão, a de que a Alfabetização Científica não pode ser um direito apenas daqueles diretamente ligados a ciência como ocorre na maioria das vezes. (CHASSOT, 2014, p.62).

Ainda o mesmo autor afirma que "... *a busca de alternativas para oferecer uma Alfabetização Científica aos homens e mulheres para fazê-los cidadãos e cidadãs mais críticos é nosso continuado, mas aparentemente novo desafio*." (CHASSOT, 2014, p. 70).

Ao refletir sobre a busca de uma referência que indicasse um modo de auferir se ocorre ou não a Alfabetização Científica, Chassot afirma que tal método não existe.

> "Acredito que não tenhamos ideia da quantidade de homens e mulheres que são analfabetos científicos. Não existe um teste para fazer esta verificação. É fácil identificar se alguém é alfabetizado em língua materna ou se detém uma alfabetização matemática. Ver o quanto alguém sabe ler as coisas do mundo natural é mais complexo. Poderia ser considerado alfabetizado cientificamente quem não soubesse explicar algumas situações triviais de nosso cotidiano? Por exemplo: o fato de o leite derramar ao ferver e a água não; por que o sabão remove a sujeira ou por que este não faz espuma em água salobra; por que uma pedra é atraída para a Terra de maneira diferente de uma pluma; porque no inverno as horas de sol são em menor número do que no verão ou por que quando é primavera no hemisfério sul é outono no hemisfério norte; por que quando produzimos uma muda de

> violeta a partir de uma folha estamos fazendo clonagem [...]" (CHASSOT, 2004, p.64).

De fato, muitos dos dados usados por Chassot no livro "Alfabetização Científica – Questões e desafios para a educação", que se encontra em sua 6ª edição e foi originalmente publicado em 2000, basearam-se no Relatório Unicef, divulgado em 9 de dezembro de 1998 (CHASSOT, 2004). Isto revela que a preocupação com a alfabetização científica constitui tema bem definido no campo do Ensino de Ciências.

2.2. Eixos Estruturantes da Alfabetização Científica

"Publicações mais recentes aprofundam o tema ao, por exemplo, propor Indicadores da Alfabetização Científica", como é o caso de Sasseron e Carvalho (2008). As autoras baseiam-se num levantamento sobre esse conceito conforme presente na literatura inglesa, em especial Laugksch (2000). Este autor faz uma revisão em que analisa as ideias convergentes sobre a Alfabetização Científica, além de documentos oficiais preparados a partir da década de 1980 nos quais aparecem três pontos, que são propostos como **Eixos Estruturantes da Alfabetização Científica.** Entende-se que estes eixos, que são apresentados no Figura 01, podem servir de apoio na idealização, planejamento e análise de propostas de ensino que almejem a Alfabetização Científica.

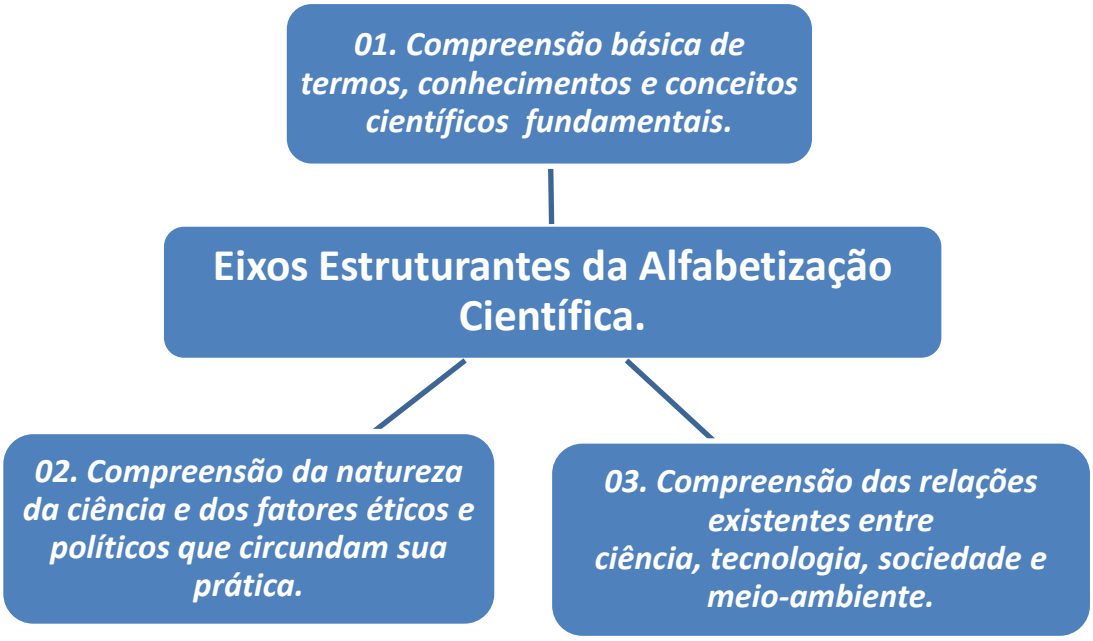

Figura 01.**Eixos Estruturantes da Alfabetização Científica.**
Fonte: Sasseron e Carvalho, 2008; adaptado.

Com respeito a estes eixos, é importante destacar:

01 - **Compreensão básica de termos, conhecimentos e conceitos científicos fundamentais**. Refere-se à necessidade de que os indivíduos possuam um conhecimento de nível básico em Ciência. Justifica-se pelo fato de que a apreensão de "*conceitos-chave"* é importante para compreender *"até mesmo pequenas informações e situações do dia-a-dia*" (SASSERON e CARVALHO, 2008).

02 - **Compreensão da natureza da ciência e dos fatores éticos e políticos que circundam sua prática**. Este eixo é relevante no sentido de que diariamente surgem situações que exigem "'*reflexões e análises*" nas quais o conhecimento de "*como as investigações científicas são realizadas*" podem facilitar e fornecer "*subsídios para o exame de problemas do dia-a-dia que envolvam conceitos científicos ou conhecimentos advindos deles*." (SASSERON e CARVALHO, 2008). Estes conceitos e conhecimentos podem ser fundamentais para a análise crítica e a tomada de decisões que afetam a vida das pessoas.

03 - **Compreensão das relações existentes entre ciência, tecnologia, sociedade e meio-ambiente**. Leva em conta a noção de que o conhecimento científico proporciona meios para que se realize "*o desejo de um futuro saudável e*

sustentável para a sociedade e o planeta.” Sua importância, neste caso, está no “*reconhecimento de que quase todo fato da vida de alguém tem sido influenciado, de alguma maneira, pelas ciências e tecnologias*” (SASSERON e CARVALHO, 2008).

Ainda com respeito ao mesmo artigo, as autoras se baseiam em uma extensa revisão bibliográfica para afirmar que o Ensino de Ciências deveria: 1- proporcionar aos estudantes a compreensão sobre Ciências e relacionar Ciência e Tecnologia com as condições da sociedade atual; 2- preparar cidadãos para a vivência nesta sociedade; 3- fornecer aos alunos, além de noções de conceitos científicos, as ferramentas para que os mesmos, se defrontados com problemas autênticos, tenham a capacidade de investigação. Neste sentido, dão destaque ao “fazer ciência”, significando proporcionar oportunidades para que os estudantes sejam capazes de resolver problemas contextualizados, tendo assim entendimento da Ciência e estando aptos a analisar as informações sobre Ciência e Tecnologia, discutir tais temas e posicionar-se de modo crítico sobre os impactos éticos e ambientais na sociedade. Nas palavras de Sasseron e Carvalho (2008):

> “Assim sendo, emerge a necessidade de um ensino de Ciências capaz de fornecer aos alunos não somente noções e conceitos científicos, mas também é importante e preciso que os alunos possam “fazer ciência”, sendo defrontados com problemas autênticos nos quais a investigação seja condição para resolvê-los. É preciso também proporcionar oportunidades para que os alunos tenham um entendimento público da ciência, ou seja, que sejam capazes de receber informações sobre temas relacionados à ciência, à tecnologia e aos modos como estes empreendimentos se relacionam com a sociedade e com o meio-ambiente e, frente a tais conhecimentos, sejam capazes de discutir tais informações, refletirem sobre os impactos que tais fatos podem representar e levar à sociedade e ao meio ambiente e, como resultado de tudo isso, posicionarem-se criticamente frente ao tema.”(SASSERON e CARVALHO, 2008, p.335).

No contexto proposto, para iniciar um processo de alfabetização cientifica, deve-se notar que os estudantes necessitam de alguns pré-requisitos desenvolvidos, os quais correspondem aos “Indicadores da Alfabetização Cientifica”. Estes indicadores são apresentados no Figura 02.

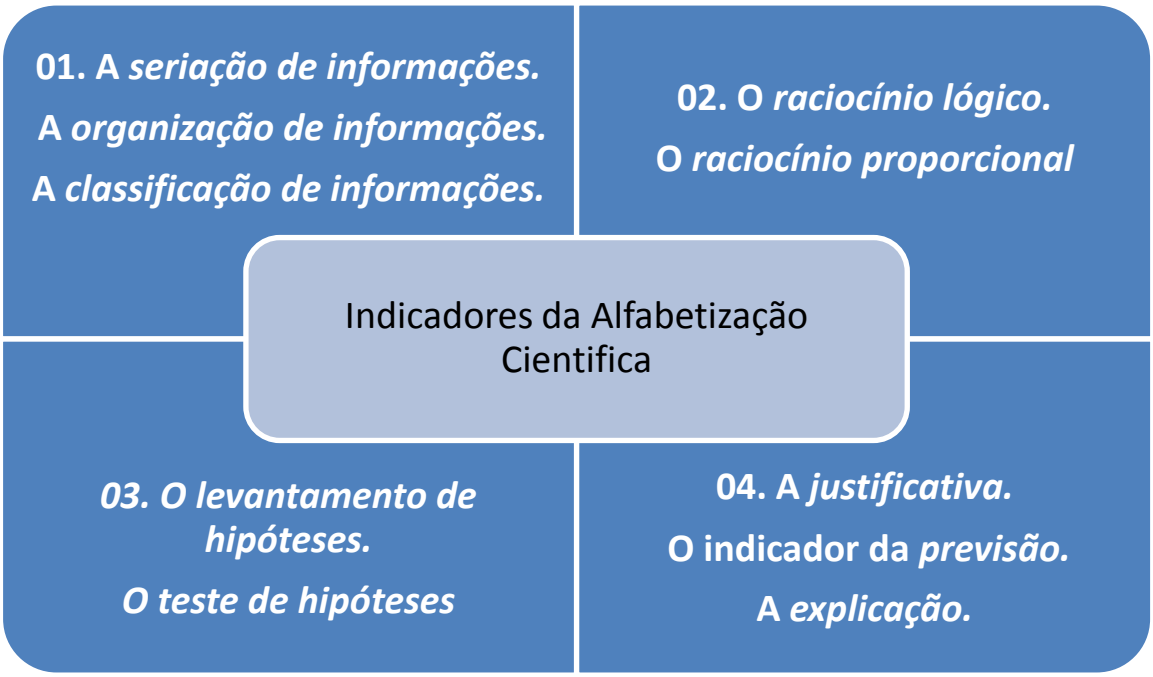

Figura 02. Indicadores da Alfabetização Cientifica – itens agrupados por questões didáticas.
Fonte: Sasseron, 2008 (adaptado).

A apreensão de informações é um dos pré-requisitos necessários para o desenvolvimento da Alfabetização Científica, passando inicialmente pela ***seriação de informações.*** A capacidade de seriar, ou seja, organizar em séries as informações "*pode ser uma lista ou uma relação dos dados trabalhados ou com os quais se vá trabalhar*", mesmo que sem uma ordem pré-definida, estabelece as "*bases para a ação investigativa.*" (SASSERON, 2008). Este indicador remete ao conceito de nível sensório motor, tal como apresentado por Piaget (1979):

> "Convém recordar, desde já, que a seriação, sob uma forma vacilante e não sistemática, já está presente desde o nível sensório-motor, pelo menos a partir do momento em que as diferenças e os elementos a seriar são perceptualmente suficientes para que se destaquem a uma simples inspeção do conjunto; quando um bebê de ano e meio constrói uma torre, sobrepondo cubos de tamanhos decrescentes(...) está revelando, de fato, um comportamento de seriação." (PIAGET,1979, p.303).

Seguindo ao processo de seriação de informações, é necessário realizar a ***organização de informações***, ou seja, o tratamento que irá "*preparar os dados existentes sobre o problema investigado."* Segundo a autora: *"Este indicador pode ser encontrado durante o arranjo das informações proporcionando a retomada de questões quando ideias são relembradas"*. (SASSERON, 2008).

Já a ***classificação de informações*** pode ser notada "*quando se busca estabelecer características para os dados obtidos.*" Quando as informações são classificadas, frequentemente observa-se uma hierarquia, que pode ser utilizada para "*a ordenação dos elementos com os quais se trabalha*"(SASSERON, 2008). A capacidade de ordenar e estabelecer uma sequência que pode ser hierárquica, a principal característica deste indicador.

Sobre o indicador ***raciocínio lógico***, este pode ser observado no***"*** *modo como as ideias são desenvolvidas e apresentadas*".Está diretamente relacionado com a" *forma como o pensamento é exposto*",sendo intrinsecamente ligado ao ***raciocínio proporcional***, com a diferença que este último "*dá conta de mostrar o modo que se estrutura o pensamento, além de se referir também à maneira como variáveis têm relações entre si, ilustrando a interdependência que pode existir entre elas*"(SASSERON, 2008).

Outro Indicador da Alfabetização Cientifica é o ***levantamento de hipóteses*** que, por sua vez,"*aponta instantes em que são alçadas suposições acerca de certo tema*". O levantamento de hipóteses pode conter tanto uma afirmação sobre o tema, como um questionamento. Sasseron (2008) afirma que essa atitude é "*muito usada entre os cientistas quando se defrontam com um problema*". Na sequência, é necessário o ***teste de hipóteses*** que, como o próprio nome indica,diz respeito ao processo de como serão testadas as suposições anteriormente levantadas.Esses testes podem ser *"tanto diante da manipulação direta de objetos quanto no nível das ideias"*sendo que, neste último caso,*"o teste é feito por meio de atividades de pensamento baseadas em conhecimentos anteriores"*(SASSERON, 2008).

Deve-se considerar ainda a ***justificativa*** que, por sua vez, pode ser observada quando "*uma afirmação qualquer é proferida, lança-se mão de uma garantia para o que é proposto. Isso faz com que a afirmação ganhe aval, tornando mais segura*". Já o indicador de ***previsão*** fica evidente ***"****quando se afirma uma ação e/ou fenômeno que sucede associado a certos acontecimentos*"(SASSERON, 2008). Finalmente, o indicador ***explicação*** é observado" *quando se busca relacionar informações e hipóteses já levantadas*". Há que se perceber algumas sutilezas como, por exemplo:

> “Normalmente a explicação é acompanhada de uma justificativa e de uma previsão, mas é possível encontrar explicações que não recebem estas garantias. Mostram-se, pois, explicações ainda em fase de construção que certamente receberão maior autenticidade ao longo das discussões.”(SASSERON, p.339, 2008).

Além disso, note-se que os indicadores estão fortemente conectados, dado que fazem parte de uma totalidade. Segundo Sasseron (2008):

> “Estes três últimos indicadores apresentados – a justificativa, a explicação e a previsão – estão fortemente imbricados entre si e a completude da análise de um problema se dá quando é possível construir afirmações que mostram relações entre eles, pois, deste modo, têm-se elaborada uma ideia capaz de explicitar um padrão de comportamento que pode ser estendido para outras situações. Além disso, esta ideia, se bem estruturada, deve permitir a percepção de relações entre os fenômenos do mundo natural e as ações humanas sobre ele. Caso isso ocorra, estaremos defronte a uma outra habilidade importante para o desenvolvimento da AC (Alfabetização Científica): a construção de modelo explicativo capaz de tornar claro a compreensão que se tem de um problema qualquer e as relações que se pode construir entre este conhecimento e outras esferas da ação humana.” (SASSERON, p.339,2008).

Conforme mencionado, nos indicadores propostos anteriormente é possível perceber a influência dos conceitos de Jean Piaget e Barbel Inhelder, que descrevem as estruturas apresentadas em crianças de idades diferentes, caracterizando o surgimento de estruturas lógicas de classificação e seriação. Os autores publicaram suas experiências no livro *Gênese das Estruturas Lógicas Elementares*, de 1975.

A influência piagetiana fica clara se compararmos os quatro estágios de desenvolvimento cognitivo propostos na Teoria Psicogenética; os trabalhos de Piaget foram muito influentes no Brasil e nos Estados Unidos. Nos anos 60 os interessados em Ciência promoveram conferências denominadas “Piaget *Rediscovered*”, introduzindo as ideias desse importante cientista no meio educacional norte americano. Suas ideias são reconhecidas nas discussões sobre o Ensino de Ciências ainda hoje. O biólogo Jean Piaget revolucionou a metodologia de pesquisa usando em lugar de grandes amostras, entrevistas e testes com alunos observados individualmente, modalidade chamada“ método clínico” (RIPPLE,1964; KRASILCHIK,2003). Piaget identificou quatro estágios do desenvolvimento:

1. *Sensório motor* – desde o nascimento até cerca de dois anos. Período não-verbal caracterizado por atos reflexos, exploração com os sentidos, imitação e permanência dos objetos, o que significa que a criança esquece do objeto quando este é removido de sua presença.

2. *Pré-operacional* – dos 3 até cerca de 7-8 anos. A criança é egocêntrica e nessa fase ocorre o desenvolvimento da linguagem. Nessa fase ela já é capaz de representar mentalmente e simbolicamente objetos, mesmo na sua ausência, e **classificá-los com base em uma característica**. Desenvolve também a capacidade de lidar com novos objetos e eventos.

3. *Concreto-operacional* – idade 7-12 anos. Nesta etapa as crianças **ordenam**, **classificam**, estabelecem relações causais e temporais. Realizam operações lógicas com objetos concretos; portanto a manipulação é muito importante, tendo consequências claras para o Ensino de Ciências. Também a capacidade de classificar é um pré-requisito para o desenvolvimento de conceitos como planta, folha, raiz, fruto, etc. Por exemplo, no início da fase, apenas folhas caracterizam plantas, mas à medida que as experiências aumentam, partes como raízes e frutos são incluídas na categoria geral (OSBORNE,1985).

4. *Operatório-formal* – crianças acima de 14 anos. Os estudantes são capazes de **analisar desde situações concretas até hipotéticas**. Desenvolvem **raciocínio proporciona**l, **probabilístico**, **correlaciona**l e **controle de variáveis**. É importante lembrar que essas fases não são estanques e que vão ocorrendo modificações ao longo de cada uma delas. As idades mencionadas valem para os casos gerais, dependendo, no entanto de diferenças individuais. (KRASILCHIK,2003, p.27,28).

Baseadas no conjunto de ideias exposto anteriormente nesta seção, Sasseron e Carvalho (2008) formularam uma proposta de atividades didáticas que serviram de base para um trabalho referente ao processo de Alfabetização Científica para um grupo de crianças. O trabalho é descrito em um artigo que analisa uma sequência de 11 aulas, tendo como foco as argumentações dos estudantes. As aulas foram gravadas em vídeo e ocorreram entre outubro e dezembro de 2006, em classes com 30 estudantes de Ensino Fundamental com faixa etária entre 9 e 10 anos, no atual quarto ano, antiga 3ª série na Escola de Aplicação da Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo.Importante salientar que todos os pais de alunos concederam o uso da imagem e do som das aulas, porém foram usados

pseudônimos para manter preservada a identidade dos estudantes, durante a transcrição dos dados. (SASSERON, 2008, p.74).

Possivelmente, um grande mérito deste trabalho foi propor uma metodologia de análise investigativa dos argumentos expostos oralmente pelos estudantes em sala de aula, assim como outros registros produzidos. É nele que são propostos os Indicadores de Alfabetização Científica, sendo nesse sentido trabalho pioneiro.

O trabalho de Sasseron apresenta uma proposta de Ensino de Ciências com objetivos de introdução dos estudantes à Ciência, no contexto da Alfabetização Científica, conforme as premissas aqui discutidas. Encontram-se trabalhos similares nos anos seguintes, utilizando esta proposta de Ensino, como é o caso de Souza e Sasseron(2012) e Belluco e Carvalho (2014).

Vale chamar a atenção para o fato de que muitos autores fazem reflexões sobre a terminologia adequada a ser utilizada para designar a Educação em Ciência, sendoos mais utilizados: Alfabetização Científica e Letramento Científico. A este propósito, Souza e Sasseron fazem uma reflexão sobre todos os termos usados para designar o pensar científico:

> “Devido à pluralidade semântica, encontramos, hoje em dia, na literatura nacional sobre ensino de Ciências, autores que utilizam a expressão ‘Letramento Científico’... pesquisadores que adotam o termo ‘Alfabetização Científica’... e também aqueles que usam a expressão ‘Enculturação Científica’... para designarem o objetivo deste ensino de Ciências que almeja a formação cidadã dos estudantes para o domínio e uso dos conhecimentos científicos e seus desdobramentos nas mais diferentes esferas de sua vida.” (SOUZA e SASSERON, 2012, p.595).

Observa-se que, no cerne da discussão em torno de um ou outro tema, existem preocupações semelhantes no tocante ao Ensino de Ciências: “*a construção de benefícios práticos para as pessoas, a sociedade e o meio ambiente*” (SOUZA e SASSERON, 2012).

Com respeito ao presente trabalho, tendo em vista os objetivos propostos, entende-se que o conceito de Alfabetização Científica, bem como os indicadores apresentados enquanto forma de investigar se houve um processo de aprendizagem nestes moldes por parte dos alunos, seja uma ferramenta interessante a guiar a construção do jogo didático e, na sequência, para avaliar o processo de aplicação do jogo em sala de aula.

2.3. INDICADORES DE ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA DOS BRASILEIROS

É interessante mencionar um trabalho recente, realizado pelo Instituto Abramundo, sob coordenação do Instituto Paulo Montenegro: “Indicador de Letramento Científico”, Relatório Técnico da Edição 2014 (ABRAMUNDO,,2014). Trata-se de um estudo inédito sobre letramento científico da população jovem e adulta brasileira, baseado na experiência de mais de uma década destas duas organizações na realização do INAF – Indicador de Analfabetismo Funcional. O INAF é realizado em parceria com a ONG Ação Educativa e com o IBOPE e tem o objetivo de mensurar o “*nível de alfabetismo funcional da população brasileira entre 15 e 64 anos, avaliando suas habilidades e práticas de leitura, de escrita e de realização de cálculos aplicadas ao cotidiano.*” Pode ser considerada analfabeta funcional a pessoa que mesmo tendo aprendido a ler e escrever textos simples, não está capacitada a viabilizar seu desenvolvimento pessoal e profissional. (MONTENEGRO, 2012).

O principal objetivo do INAF é oferecer informações qualificadas a respeito das habilidades e práticas mensuradas, visando a fomentar o debate público, estimular iniciativas da sociedade civil e subsidiar a formulação de políticas públicas nas áreas de educação e cultura.

Neste momento, é relevante fazer uma análise dos resultados do Relatório Técnico da Edição 2014 do ILC. Este estudo tomou como referência duas já consolidadas pesquisas, o INAF e o PISA (Programa Internacional de Avaliação de Estudantes), realizado pela OCDE (Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico). O ILC procura medir competências como compreender, utilizar e refletir sobre informações em textos de uso corrente. Adotando ainda o conceito de letramento científico já utilizado pelo INAF, abrangendo desde habilidades e conhecimentos elementares até complexos processos cognitivos relacionados a linguagem escrita, medindo a capacidade de uso “*de compreensão da linguagem técnico-científica, inclusive mediante a utilização de conhecimentos específicos previamente adquiridos, para lidar com situações cotidianas*.”(ABRAMUNDO,,2014,p. 2).

A metodologia utilizada neste estudo foi a realização de entrevistas domiciliares, com utilização de um questionário contextual e de um teste cognitivo padronizado. Neste questionário constavam perguntas sobre a vida profissional, cultural e econômica abrangendo vários aspectos da vida do entrevistado. Quanto ao teste cognitivo, o entrevistado respondeu de forma escrita e oral sobre textos relacionados ao mundo da Ciência, perguntas estas relacionadas aos textos e situações do cotidiano em que com maior ou menor intensidade sejam necessários conhecimentos científicos. Esta pesquisa intencionalmente não possuiu caráter escolar e, no desenvolvimento do Indicador de Letramento Cientifico (ILF), foram utilizados textos e situações do cotidiano procurando explorar significativamente "*processos, fenômenos e evidências das ciências e da pesquisa científica para a construção de argumentos e, no limite, para a tomada de decisões*." (ABRAMUNDO, 2014, p.2).

Essa foi uma tentativa de avançar em relação à proposta do PISA que, por possuir elementos da cultura escolar, faz a análise de itens utilizados em provas de Ciências, com situações fictícias e focadas na abstração. De fato, o ILC propôs aos respondentes que resolvessem problemas "*desenvolvidos a partir de situações do cotidiano*", cujas soluções correspondentes estariam baseadas em(ABRAMUNDO,,2014):

- ✓ **Domínio da linguagem científica**– conhecimento sobre as nomeações relativas ao campo das Ciências.
- ✓ **Saberes práticos** – como são colocados em prática os conhecimentos científicos e quais os valores atribuídos a essas práticas.
- ✓ **Visões de mundo** – como os conhecimentos científicos contribuem à visão de mundo dos entrevistados.

A pesquisa foi realizada com aplicação de questionários e testes cognitivos a uma amostra de 2002 pessoas, que foram entrevistadas em seus domicílios.Foi selecionada para a pesquisa uma parcela da população que atendeu aos seguintes requisitos: idade entre 15 e 40 anos, mínimo de 4 anos de estudo (antigo primário completo), moradores de 211 municípios pertencentes às nove regiões metropolitanas (São Paulo, Rio de Janeiro, Belo Horizonte, Porto Alegre, Recife, Fortaleza, Salvador, Curitiba e Belém) e Distrito Federal. A pesquisa foi realizada

sem que os participantes utilizassem materiais ou equipamentos de apoio. As respostas foram analisadas com base na teoria TRI (Teoria de Resposta ao item) (ABRAMUNDO, 2014p. 3).

No relatório em questão, justifica-se a opção por essa metodologia de análise, a TRI, pois a mesma possibilita a comparação entre resultados de várias edições, como já ocorre em relação ao ENEM (Exame Nacional para o Ensino Médio) e ao PISA. Além disso, a equipe elaborou uma escala para categorizar as respostas dadas, baseada em níveis (vide Figura 3), foram estabelecidos quatro níveis de letramento, em ordem crescente de complexidade, "*exigindo progressivamente maior domínio de habilidades e conhecimentos de gêneros e tipos textuais e de conceitos científicos para compreender as situações propostas pelo ILC*." (ABRAMUNDO,,2014 p.5).

Figura 3 - **Escala de proficiência e interpretação pedagógica** (ABRAMUNDO, 2014). Adaptado.

Na tabela 1, são apresentados os resultados do ILC-2014, tendo em vista a escala de proficiência presente no Figura 3.

Tabela 1: Distribuição dos respondentes segundo níveis da escala de proficiência. 2014

Escala de proficiência	População analisada	
Nível 1	314	16%
Nível 2	961	48%
Nível 3	624	31%
Nível 4	103	5%
Total	2002	100%

Fonte: ABRAMUNDO, 2014, p.10.

Analisando a tabela 1, percebe-se que 16 % das pessoas entrevistadas encontram-se no nível 1 (**Letramento não-científico**): As habilidades avaliadas neste nível foram a "*leitura de informações apresentadas de forma explícita e em contextos previamente conhecidos, sem contribuição de noções científicas para apoiar sua compreensão da realidade.*"Para enquadrar-se no nível 1, considera-se que a pessoa seja capaz de localizar "*em contextos cotidianos, informações explícitas em textos simples(tabelas ou gráficos, textos curtos)"*que envolvam situações do dia-a-dia como o "*consumo de energia em conta de luz, dosagem em bula de remédio, identificação de riscos imediatos à saúde*",de modo que não se exige domínio de conceitos científicos (ABRAMUNDO,2014 p.10).

Foi 48% o número de pessoas classificadas como nível 2 (**Letramento científico rudimentar**). Neste nível, foram considerados: "*a habilidade de localizar informações em diversos formatos de texto*" *e capacidade* "*de reconhecer termos científicos simples*"sem necessidade de demonstrar" *dominar conhecimentos e habilidades necessárias para resolver problemas ou interpretar informações de natureza científica*." Ainda foram avaliados a capacidade de resolver "*problemas que envolvam a interpretação e a comparação de informações e conhecimentos científicos básicos*", estes itens foram apresentados em textos diversos como: "*tabelas e gráficos com mais de duas varáveis, imagens, rótulos, envolvendo temáticas presentes no cotidiano (benefícios ou riscos à saúde, adequações de soluções ambientais)*." (ABRAMUNDO,,2014, p.10).

Uma parcela correspondente a 31% foi classificada no nível 3 (**Letramento científico básico**).Neste nível, os indivíduos que utilize informações científicas

presentes em gráficos, tabelas, esquemas e textos de maior complexidade para resolver problemas relacionados à vida cotidiana,apresentam ainda capacidade de interpretação de fenômenos naturais e resolução de *"problemas que envolvam a utilização de conhecimentos científicos básicos",* mas que parecem não possuir domínio suficiente dos" *conceitos científicos necessários para resolver problemas ou interpretar fenômenos mais complexos*."

Apenas 5% desta amostra foi classificada no nível 4 (**Letramento científico proficiente**).Essas pessoas" *compreendem a terminologia científica e aplicam conceitos da Ciência para interpretar a realidade que os cercam, para além de aplicações restritas ao cotidiano."*Neste sentido, é considerado no nível 4 o indivíduo que demonstrar capacidade de avaliação de "*propostas e afirmações que exigem o domínio de conceitos e termos científicos em situações envolvendo contextos diversos (cotidianos ou científicos)*" e capacidade de "*elaborar argumentos sobre a confiabilidade ou veracidade de hipóteses formuladas.*"O indivíduo também deve apresentar "*domínio do uso de unidades de medida e conhecer questões relacionadas ao meio ambiente,à saúde, astronomia ou genética*".

Na tabela 2 são apresentados os dados tabulados segundo o grau de escolaridade das pessoas que participaram do teste.

Tabela 02: Distribuição por nível segundo escolaridade completa

Escolaridade	Total	Nível 1	Nível 2	Nível 3	Nível 4
Total	1122	146	547	360	69
EF completo	245	24%	51%	23%	1%
EM completo	718	11%	52%	32%	5%
ES completo	159	4%	31%	47%	18%

Fonte: ABRAMUNDO,, 20014, p. 12.

Destaca-se que, dentre os indivíduos que concluíram o ensino superior (ES), 47% atingiram o nível de Letramento Científico básico (nível 3) e 18% podem ser considerados no nível de Letramento Científico proficiente (nível 4). Vale notar que, mesmo nesse grupo de mais alta escolaridade, houve uma parcela significativa (31%) com Letramento Científico rudimentar e 4% que podem ser considerados

iletrados do ponto de vista científico. No que diz respeito às pessoas com ensino médio completo (EM), percebe-se que a maioria se encontra nos níveis 1 e 2 (63% do total), enquanto que somente 5% podem ser consideradas proficientes em Ciências (nível 4). Este quadro revela realidade ainda mais preocupante ao apontar que, dentre as pessoas com ensino fundamental completo (EF), somente 1% podem ser considerados cientificamente letrados (nível 4) e 75% das pessoas se enquadra nos níveis 1 e 2, indicando falta de letramento científico.

O trabalho apresentado anteriormente analisou ainda dados relativos à desigualdade de gêneros e às condições socioeconômicas, além de autoavaliação, que não serão discutidos nesta dissertação.

Deve-se levar em consideração que uma amostragem de 2002 pessoas, em um pais de dimensões continentais como o Brasil, que segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) possui aproximadamente 205 milhões de indivíduos, representa uma parcela inferior a 1% do total da população. (BRASIL, 2015) Este teste foi realizado com uma parcela da população com, no mínimo, 4 anos de estudo,e a faixa etária foi de 15 a 40 anos.Embora os resultados da pesquisa sejam relevantes para o planejamento de propostas didáticas no ensino de Ciências, os mesmos, por conta da amostragem, não são suficientes para avaliar o desempenho do ensino de Ciências produzido pelas escolas.

A ideia de apresentar os dados sobre o Letramento Científico brasileiro era demonstrar que há sérios problemas com respeito à Alfabetização Científica. Isto aponta para o papel fundamental da escola, em especial a escola pública, enquanto instrumento condutor da formação das pessoas. É neste contexto que se percebe a importância da formação de professores e a importância da utilização de novas metodologias de Ensino de Ciências,visando à melhoria da aprendizagem.Desta forma, torna-se efetivamente possível elevar o grau de Alfabetização Científica (ou Letramento Científico).A necessária reflexão sobre os resultados dos trabalhos expostos, considerando suas limitações, nos remete à importância de repensar a finalidade do Ensino de Ciências e avaliar perante os documentos oficiais e sob a ótica de novas metodologias, caminhos para alcançar a melhoria almejada.

3. CURRÍCULO, FOTOSSÍNTESE E JOGOS DIDÁTICOS

3.1. DIRETRIZES CURRICULARES DE BIOLOGIA DO ESTADO DO PARANÁ

O tema escolhido para este trabalho é a Fotossíntese e está relacionado ao conteúdo estruturante Mecanismos Biológicos, conforme estabelecido pelas Diretrizes Curriculares de Biologia do Estado do Paraná, assim descrito:

> "Neste conteúdo estruturante é importante que o professor considere o aprofundamento, a especialização e o conhecimento objetivo dos mecanismos biológicos. Para que se compreendam os sistemas vivos como fruto da interação entre seus elementos constituintes e da interação destes com os demais componentes do meio, é importante adotar concepções metodológicas que favoreçam o estabelecimento de relações entre os diversos mecanismos de funcionamento e manutenção da vida." (PARANÁ,2008, p.57).

Estas diretrizes buscam integrar um tratamento interdisciplinar, ao mesmo tempo em que estimulam o professor a se utilizar de novas metodologias. Neste sentido, o desenvolvimento de um jogo voltado ao ensino da Fotossíntese vai ao encontro das DCE/BIO.

Numa perspectiva mais geral, está determinado que o objeto de estudo da Biologia é o fenômeno vida: "A disciplina de Biologia tem como objeto de estudo o fenômeno VIDA." (PARANÁ,2008, p.38).

Assim, considerando uma visão mais ampla sobre o tema, pode-se observar que a própria existência da vida no planeta Terra está ligada à energia solar, sendo que "*a fonte primeira de toda a energia metabólica é o Sol e a Fotossíntese é essencial para a manutenção de todas as formas de vida aqui existentes.*" (HALL e RAO, 1980, p.1). Portanto, a escolha da Fotossíntese permite criar condições para abordar um importante conteúdo estruturante, em acordo com as diretrizes paranaenses.

3.2. PARÂMETROS CURRICULARES NACIONAIS DO ENSINO MÉDIO

Com respeito aos documentos oficiais nacionais,nota-se que os Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (PCNEM), no tocante à Biologia, também afirmam que o objeto de estudo desta disciplina é o fenômeno vida:

> "É objeto de estudo da Biologia o fenômeno vida em toda sua diversidade de manifestações. Esse fenômeno se caracteriza por um conjunto de processos organizados e integrados, no nível de uma célula, de um indivíduo, ou ainda de organismos no seu meio. Um sistema vivo é sempre fruto da interação entre seus elementos constituintes e da interação entre esse mesmo sistema e demais componentes de seu meio. As diferentes formas de vida estão sujeitas a transformações, que ocorrem no tempo e no espaço, sendo, ao mesmo tempo, propiciadoras de transformações no ambiente." (BRASIL, 2008, p.14).

Também é relevante citar, a partir dos documentos oficiais, que:

> "Assim, os conteúdos de Biologia devem propiciar condições para que o educando compreenda a vida como manifestação de sistemas organizados e integrados, em constante interação com o ambiente físico-químico. O aluno precisa ser capaz de estabelecer relações que lhe permitam reconhecer que tais sistemas se perpetuam por meio da reprodução e se modificam no tempo em função do processo evolutivo, responsável pela enorme diversidade de organismos e das intrincadas relações estabelecidas pelos seres vivos entre si e com o ambiente. O aluno deve ser capaz de reconhecer-se como organismo e, portanto, sujeito aos mesmos processos e fenômenos que os demais. Deve, também, reconhecer-se como agente capaz de modificar ativamente o processo evolutivo, alterando a biodiversidade e as relações estabelecidas entre os organismos." (BRASIL,2008, p.20).

É consenso, no âmbito das Ciências, que a energia solar possibilitou a diversidade dos seres vivos num passado remoto e sustenta a vida em nosso planeta ainda hoje; foi através dos processos bioquímicos de hidrólise da água, ocorridos durante o processo fotossintético de procariontes há cerca de 3,5 bilhões de anos, que surgiram as moléculas de oxigênio livre que possibilitaram o aparecimento dos eucariontes multicelulares.Além disso, a formação da camada de ozônio protegeu suas moléculas de DNA fazendo com que os mesmos alcançassem alto grau de complexidade.Ainda assim, nota-se que, embora a compreensão da Fotossíntese seja extremamente importante, talvez o tema não tenha o devido destaque nos materiais didáticos utilizados em sala de aula (HALL e RAO,1980; RAVEN,2007; TAIZ e ZEIGER,2009). Por isso, neste momento, justifica-se reunir um

conjunto de informações mais detalhadas sobre o tema escolhido no trabalho aqui apresentado.

3.3. IMPORTÂNCIA DA FOTOSSÍNTESE

As pesquisas de fotoquímica que estudam reações químicas que são iniciadas pela luz continuam um tema atual; seu campo vai desde processos naturais como a Fotossíntese, na qual ocorre a conversão de dióxido de carbono em carboidratos – parte do metabolismo de plantas e algas – até processos industriais, como é o caso das fotocopiadoras. A cadeia de reações que leva à transferência de elétrons ocorrida na Fotossíntese foi descoberta por Marcus em 1956 que, por esse feito, conquistou o prêmio Nobel de Química em 1992. Adamson e seus colaboradores, em 1968, fizeram as primeiras investigações fotoquímicas de metais de transição, indicando a participação de fótons em reações bimoleculares; ainda na década de 70, Balzani (1970) e colaboradores fizeram estudos sobre o comportamento de muitos compostos ligantes, permitindo um maior entendimento das reações de transferência de elétrons (AGUIAR, 2013).

O processo fotossintético está presente há pelo menos 3,5 bilhões de anos e foi responsável pelo surgimento do oxigênio no planeta Terra, o que possibilitou o aparecimento de seres aeróbios (AGUIAR, 2013; RAVEN, 2007).

Devido à complexidade do sistema fotossintético, muitos cientistas ainda trabalham "*para compreender as reações básicas envolvidas no processo global da Fotossíntese, que servirão de guia para desenvolver sistemas miméticos da etapa química da Fotossíntese natural.*" (AGUIAR,2013, p. 5).

As reações de quebra da água em oxigênio e prótons e, posteriormente produção de carboidratos, que ocorre na Fotossíntese, combinada com o processo de respiração celular no qual os seres vivos combinam esses produtos e produzem seus metabólicos, ocorre fixação de hidrogênio e, consequentemente, armazenamento de energia solar na forma de ligações químicas.

A produção de biomassa seca por organismos fotossintetizantes está estimada em cem bilhões de toneladas por ano, "o que equivale a 100 vezes o peso

de toda a população humana na Terra e representa um estoque de energia de aproximadamente 100TW.” (SOUZA e PATROCÍNIO, 2014, 886).

Neste sentido, destaca-se a ideia de Fotossíntese artificial, ou seja, o desenvolvimento de sistemas de produção de energia baseados na maneira como isto é feito na natureza pelas plantas (o “segredo das plantas”). A necessidade de encontrar fontes sustentáveis de energia faz com que produzir *“uma ‘folha artificial’ capaz de gerar combustíveis a partir de substâncias abundantes e radiação solar, que possam ser armazenados e utilizados de acordo com a demanda em qualquer período do dia”* seja um grande desafio para químicos e cientistas das mais diversas áreas, levando-se em consideração que tal replicação fora do “*ambiente protéico dos organismos vivos constitui uma solução ideal para o problema energético.* (SOUZA e PATROCÍNIO, 2014).

De fato, um assunto importante na contemporaneidade é a energia e suas transformações. O consumo de energia fóssil é associado à produção de gases causadores do efeito estufa e, por isso, existe uma busca cada vez maior por fontes de energia limpa.

> “A produção mundial de energia provém de fontes como petróleo, carvão natural e gás natural, basicamente. Sabe-se que essas fontes são poluentes e não renováveis e apesar de haver controvérsias, o tempo de duração delas é limitado. Com o esgotamento dos combustíveis fósseis e a crescente demanda de consumo de energia mundial, bem como a crise de aquecimento global, a obtenção de uma nova fonte de energia que não cause danos ambientais, que seja sustentável, e de baixo custo tem sido um dos maiores desafios que a humanidade enfrenta atualmente. Neste contexto a conversão de energia solar em combustível e eletricidade pode contribuir para solucionar a necessidade mundial de energia de maneira autossustentável e também contribuir na redução de gases tóxicos na atmosfera.” (AGUIAR, 2013, p.3).

É neste sentido que a compreensão dos processos da Fotossíntese pode contribuir para que sejam desenvolvidas novas formas de geração de energia. A propósito, avanços recentes da Ciência trazem nova luz sobre o mecanismo fotossintético natural, identificando seus componentes e desvendando suas etapas. (SOUZA e PATROCÍNIO, 2014):

> “A produção de combustíveis a partir da luz solar (Fotossíntese artificial) é um tema multidisciplinar, desafiante e diretamente relacionado à busca da

> sociedade por fontes limpas de energia.Para superpor estes desafios, cientistas de diferentes áreas têm estabelecido grandes redes multidisciplinares, capazes de desenvolver trabalhos coordenados nos diferentes aspectos que envolvem o tema. Dado o grande investimento humano e financeiro, espera-se para um futuro próximo, uma nova geração de células fotoeletroquímicas capazes de converter eficientemente a luz solar em combustíveis limpos, o que muito contribuirá para a geração de energia limpa e sustentável."(SOUZA e PATROCÍNIO,2014).

Do ponto de vista do Ensino de Ciências, é muito interessante o fato de que as pesquisas na área trazem um forte componente multidisciplinar, incluindo a compreensão a respeito dos mecanismos básicos da Fotossíntese, juntamente com a possibilidade do desenvolvimento tecnológico de alternativas para a geração de energia que, por sua vez, poderiam contribuir para a solução de um problema global.

Mais uma vez, estabelece-se o contexto do presente trabalho: contribuir com uma proposta de ensino que possa ser uma alternativa complementar aos livros didáticos sobre o tema Fotossíntese, além de propor uma metodologia que visa atender às demandas de ensino deste conteúdo, adequando-se às legislações Federal e Estadual.Esta alternativa de ensino do conteúdo Fotossíntese vale-se do uso de um jogo de tabuleiro e visa contribuir para o processo da Alfabetização Científica sobre este tema, bem como servir de base para novos estudos e desenvolvimento de novas metodologias que auxiliem o trabalho na sala de aula.

Assim, este trabalho também busca organizar informações que possam ser úteis a professores de Biologia. Na elaboração de aulas sobre o tema, é imperativo que estes professores tenham acesso a informações variadas e precisas. Na sequência, são compiladas informações sobre a Fotossíntese e a construção histórica deste conceito.

3.4. FOTOSSÍNTESE

A Fotossíntese pode ser definida como um processo no qual seres autótrofos transformam energia eletromagnética em energia química. O termo Fotossíntese significa, literalmente, síntese ou construção pela luz. Algas, plantas e certas bactérias e outros organismos captam essa energia diretamente da radiação solar e a utilizam para síntese de alimentos essenciais ao seu crescimento e manutenção.

Todos os seres vivos precisam de energia para sobreviver.Os animais, não podendo obtê-la de outra forma, alimentam-se de vegetais e de outros animais que se alimentam de plantas.Desta forma, a energia obtida pelos autótrofos e transformada em alimento é repassada a outros seres vivos através das cadeias alimentares, processo que mantém a vida em nosso planeta. (HALL e RAO, 1980; (PRADO, 2006).

Este processo é responsável por praticamente toda a energia que entra nos sistemas vivos do planeta Terra.Seus mecanismos bioquímicos foram estudados em detalhes com o grande avanço da Física que ocorreu após a segunda guerra mundial, proporcionando a análise quantitativa e qualitativa do processo fotossintético. No ano de 2015, segundo dados do IBGE,foram produzidas mais de 700 milhões de toneladas de açúcar no Brasil, resultado da ação de organismos fotossintetizantes. Grande parte dos materiais teve origem no processo de Fotossíntese; são exemplos os alimentos, derivados de petróleo, madeira e papel. (FERRI, 1985; PRADO, 2006; RAVEN, 2007).

Na década de 80, foi publicada a segunda edição do livro original em Inglês "*Photosyntesis*" (1975), cujos autores são David Oakley Hall e K.K. Rao, que foi traduzida por Antonio Lamberti para a Editora Pedagógica e Universitária Paulista. Em seu prefácio, os autores afirmam que a "*compreensão de todos os aspectos da Fotossíntese é de fundamental importância para o aumento da produção mundial de alimentos, de fibras e talvez também de combustível, pois ela é a única fonte renovável de carbono fixado quimicamente*." Os autores reconhecem, ainda, o caráter interdisciplinar deste tema ao afirmarem que se trata de um campo fascinante estimulando atividades de ramos da Biologia, Agricultura e Ciências Físicas. (HALL e RAO,1980).

3.5. HISTÓRICO DA CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO CIENTÍFICO ACERCA DO PROCESSO FOTOSSINTÉTICO

Sabe-se que, em torno do ano 300 a.C., começou-se a pensar de modo mais elaborado sobre a forma de nutrição das plantas. As primeiras conclusões de que se tem notícia sobre o processo de nutrição dos vegetais foram feitas por estudiosos

gregos, como, por exemplo, Aristóteles. Para Aristóteles, as plantas retiravam todo o seu alimento do solo.Suas concepções eram baseadas na simples observação de fenômenos naturais, porém,como já se sabe, essas conclusões estavam equivocadas(RAVEN, 2007; BANDEIRA, 2011). Seguiu-se uma longa jornada até uma compreensão mais completa acerca do fenômeno. Na tabela 3, são compiladas algumas informações que dão uma ideia da evolução histórica entre os séculos XVII e XX.

Tabela 03: Histórico das principais pesquisas sobre a Fotossíntese.

Data (época aproximada)/ Pesquisador	**Conclusões**
Séc XVII / Jan Baptista Van Helmont	Chegou à conclusão que as substâncias produzidas pela planta eram produzidas a partir da água e não do solo. (RAVEN, 2007).
Séc. XVIII / Joseph Priestley	Oferece a primeira explicação lógica de como o ar permanecia 'puro' e capaz de sustentar a vida apesar da queima de chamas incontáveis e da respiração de muitos animais. (RAVEN,2007; TAIZ e ZEIGER, 2009).
Séc. XVIII / Jan Ingesnhousz	Sugeriu que o dióxido de carbono seria quebrado na Fotossíntese para produzir carbono e oxigênio, sendo o oxigênio liberado como um gás. O oxigênio resultaria do gás carbônico(HAO,1980; RAVEN,2007).
Séc. XVIII / Jean Senebier	Confirmou as descobertas de Ingenhousz, acrescentando, ainda, que as plantas utilizavam dióxido de carbono "dissolvido na água" como alimento. (HAO,1980; RAVEN,2007).
Séc. XIX/ Saussere	Concluiu que a água era consumida durante o processo de assimilação do dióxido de carbono (HAO, 1980; RAVEN, 2007).
Séc. XIX / Pelletier e Caventou	Isolaram a substância verde e a chamaram de clorofila (HAO e RAO, 1980).
Séc. XIX / Robert Mauer	Declarou que as plantas transformam energia solar em química e também contribuiu para a formulação da lei de conservação de energia; (HAO e RAO, 1980).
Séc. XIX/ Boussingault	Descobriu que a razão entre o gás carbônico consumido e o oxigênio liberado é quase unitária (HAO e RAO, 1980).
Séc. XIX / Sachs	Demonstrou a formação de grãos de amido na Fotossíntese utilizando um teste com vapor de iodo no qual forma-se o complexo amido-iodo (além de descobrir o processo de respiração vegetal); (HAO e RAO, 1980).

Séc. XIX / Engeman	Em pesquisas com a alga verde *Spirogyra*, que apresenta cloroplastos espiralados, desvendou a relação direta entre a liberação de oxigênio e os cloroplastos das folhas verdes e ainda a relação direta entre o espectro de ação da Fotossíntese e o espectro de absorção da clorofila (HAO e RAO, 1980).
Séc. XX / Ruben e Kamen	Demonstram que o oxigênio produzido na Fotossíntese vem da água (HAO, 1980; RAVEN, 2007).

Fonte: HAO e RAO, 1980; RAVEN, 2007; TAIZ e ZEIGER, 2009. Adaptado.

Pode-se observar que a construção histórica das pesquisas que levaram à formulação dos conceitos aceitos atualmente sobre a Fotossíntese não foi linear e sim uma série de estudos desenvolvidos por diversos estudiosos de vários países. Essas pesquisas, em cada momento histórico estiveram limitadas às tecnologias disponíveis na época (PARANÁ, 2008).

Também foram feitos muitos estudos sobre os fatores limitantes do processo fotossintético: efeito da intensidade luminosa, efeito da temperatura, efeito da concentração de dióxido de carbono, reações de luz e de escuro. Este último levou à sugestão de que a Fotossíntese apresentaria duas fases: uma fotoquímica, ou de luz, e uma não fotoquímica, ou de escuro (HAO e RAO, 1980). Com os conhecimentos atuais, o mais correto é denominar “fase fotoquímica”, que ocorre em presença de luz e “fase química”, que pode ocorrer tanto na presença quanto na ausência de iluminação. (RAVEN, p. 275, 2014).

No século XX, C.B.Van Niel, um estudante holandês da Universidade de Stanford, executou experimentos investigando a atividade de diferentes tipos de bactérias fotossintetizantes e colocou em dúvida a teoria proposta em 1796 por Ingenhousz.Este afirmou que o oxigênio residual do processo fotossintético viria do dióxido de carbono. Durante seus estudos, realizados por volta de 1930, Van Niel observou que um tipo específico de bactérias – conhecidas como bactérias purpúreas sulfurosas – reduzia o carbono a carboidratos durante a Fotossíntese, mas não liberava oxigênio. Essas bactérias utilizam sulfeto de hidrogênio para seu processo fotossintético e acumulam grânulos de enxofre no interior das células bacterianas (HALL e RAO, 1980; RAVEN, 2007; RAVEN, 2014). Estes experimentos levam à noção que é a água – e não o gás carbônico – a fonte do oxigênio da Fotossíntese. Sobre isto, pode-se citar:

> “Esta descoberta foi simples e não atraiu muita atenção até que van Niel divulgou uma extrapolação audaciosa. Ele propôs a seguinte equação genérica para a Fotossíntese:
>
> $CO_2 + 2\ H_2A \xrightarrow{luz} (CH_2O) + H_2O + 2\ A$
>
> Nesta equação, H_2A representa a substância a ser oxidada tal como o sulfeto de hidrogênio ou hidrogênio livre. Em algas e plantas verdes, entretanto, H_2A é a água [...] em resumo, van Niel propôs que a água e *não* o dióxido de carbono era a fonte de oxigênio na Fotossíntese.
> Esta especulação brilhante, proposta no início dos anos 30, foi demonstrada anos depois quando os pesquisadores utilizaram o isótopo pesado do oxigênio ($^{18}O_2$) para definir o caminho percorrido pelo oxigênio da molécula de água até o gás oxigênio:
>
> $CO_2 + 2H_2{}^{18}O_2 \xrightarrow{luz} (CH_2O) + H_2O + {}^{18}O_2$
>
> Portanto, no caso das algas e plantas verdes, nas quais a água é utilizada como doadora de elétrons, a equação completa e balanceada para a produção de glicose pela Fotossíntese torna-se:
>
> $6\ CO_2 + 12\ H_2O \xrightarrow{luz} C_6H_{12}O_6 + 6\ O_2 + 6\ H_2O$ “
>
> (RAVEN,2008, p. 91)

Em 1937, R. Hill, na Universidade de Cambrige, demonstrou, através de um experimento que ficou conhecido como “reação de Hill”, que na Fotossíntese a liberação de oxigênio pode ser separada da redução de dióxido de carbono. Já a utilização de isótopos pesados de oxigênio na elucidação da decomposição da água foi feita em 1941, por Ruben e Kamen.Os mesmos descobriram ainda o isótopo radioativo de carbono 14 que foi usado com sucesso por Bassham, Benson e Calvin para traçar o caminho do carbono na Fotossíntese (HALL e RAO,1980).De fato “Calvin e colaboradores demonstraram que a redução do CO_2 a açúcares era executada por reações enzimáticas de escuro e também que eram necessárias duas moléculas de $NADPH_2$ e três de ATP* para a redução de cada molécula de CO_2 “. Nesta época as funções do $NADPH_2$ e do ATP na respiração de tecidos já estavam esclarecidos. Três laboratórios diferentes demonstraram a redução fotossintética do NADP a $NADPH_2$ por cloroplastos isolados, com a simultânea liberação de O_2, foi demonstrada em 1951. A assimilação do CO_2 e a liberação de O_2, por cloroplastos, isolados de espinafre foram realizadas por Arnon, Allen e Whatleu em 1954 demonstrando a Fotossíntese “livre de células”. Dez anos mais tarde foram isoladas de cloroplastos, proteínas como a ferredoxina, a plastocianina, a ferredoxina-

redutase e os citocromos *b* e *f* que participam da transferência de eléctrons na Fotossíntese. "*Para concluir, folhas verdes iluminadas geram $NADPH_2$ e ATP. O poder redutor do $NADPH_2$ e a energia da hidrólise da ATP são utilizados nas reações enzimáticas de escuro para reduzir o CO_2 a carboidratos*." (HALL e RAO, 1980, p.63).

Note-se que há cerca de 200 anos descobriu-se que a luz era necessária para o processo que agora chamamos de Fotossíntese. Porém, de fato, a Fotossíntese ocorre em duas etapas e apenas uma delas é dependente da luz (RAVEN,2008). É necessário que se fale um pouco mais sobre como foram desvendadas as etapas bioquímicas ocorridas na Fotossíntese:

> "A evidência de que este processo ocorre em duas etapas foi primeiro apresentada em 1905 pelo fisiologista vegetal inglês F.F. Blackman, como resultado de experimentos nos quais ele media os efeitos isolados e combinados de mudanças na intensidade luminosa e na temperatura sobre a taxa de Fotossíntese. Estes experimentos mostraram eu a Fotossíntese era constituída por uma etapa dependente de luz e por uma etapa não dependente de luz...Na primeira etapa da Fotossíntese – a etapa dependente de luz – a energia luminosa é utilizada para formar ATP a partir de ADP bem como para reduzir moléculas transportadoras de elétrons, principalmente a coenzima $NADP^+$. Na segunda etapa da Fotossíntese – a etapa não dependente de luz – a energia do ATP é utilizada para ligar, covalentemente, o dióxido de carbono a uma molécula orgânica enquanto que o poder redutor do NADPH é utilizado para reduzir o átomo de carbono recém-ligado ao nível de oxidação dos átomos de carbono de um açúcar simples. Neste processo, a energia adequada ao transporte e ao armazenamento, gerando ao mesmo tempo, os esqueletos de carbono a partir dos quais todas as outras moléculas orgânicas é conhecida como **fixação do carbono.**"(RAVEN,2008, p.92).

Portanto, muitos cientistas contribuíram durante os séculos para desvendar o magnífico processo pelo qual seres autótrofos são capazes de fixar carbono retirado da atmosfera em carboidratos, tendo como subproduto do processo o oxigênio. Para concluir esta seção, parece interessante registrar que prêmio Nobel Albert Szent-Gyorgyi, usou esta afirmação para descrever o processo fotossintético*:* "*O que garante a existência da vida é [...] Uma pequena corrente mantida pela luz solar.*" (RAVEN,2008).

3.6. JOGOS DIDÁTICOS

Durante muito tempo, o ensino no Brasil seguiu um modelo tradicional, que cumpriu seu papel naquele momento histórico. Recentemente, esse modelo vem dando espaço a novas formas de ensinar e de aprender. Segundo Cunha (2012) despertar o interesse do estudante cada vez mais passou a ser um desafio:

> "O interesse daquele que aprende passou a ser a força motora do processo de aprendizagem, e o professor, o gerador de situações estimuladoras para aprendizagem. É nesse contexto que o jogo didático ganha espaço como instrumento motivador para a aprendizagem..." (CUNHA,2012, p.34).

O conteúdo Fotossíntese faz parte da disciplina de Biologia e está inserido geralmente na primeira série do Ensino Médio.Considerando os aspectos históricos relacionados à construção do conhecimento sobre o processo fotossintético e sua extrema importância para a criação e manutenção da vida no planeta Terra, bem como alta complexidade dos conceitos, justificam-se diversas dificuldades em aprender e em ensinar tal assunto. Assim, os jogos, sendo elementos motivadores, também permitem a reunião de uma enorme gama de informações em uma dinâmica que pode conduzir o processo de ensino-aprendizagem.

> "Se, por um lado, o jogo ajuda este a construir novas formas de pensamento, desenvolvendo e enriquecendo sua personalidade, por outro, para o professor, o jogo o leva à condição de condutor, estimulador e avaliador da aprendizagem. Os professores podem utilizar jogos didáticos como auxiliares na construção dos conhecimentos em qualquer área de ensino." (CUNHA, 2012, p.34).

Entende-se que, por mais complexo que seja o conteúdo, ainda assim ele pode ser apresentado aos estudantes secundaristas, necessitando, portanto de novas abordagens que aproximem seus conceitos da realidade dos estudantes. Os jogos constituem, portanto, uma opção interessante.

Os jogos, de fato, fazem parte da vida humana desde tempos imemoriais. Nos jogos, operam elementos lúdicos e de compensação, que podem servir de estímulo à aprendizagem, como destacado por Huizinga:

> "Clearco, discípulo de Aristóteles, escreveu uma Teoria do Enigma, dedicada principalmente à espécie chamada Griphos: um jogo humorístico

> de perguntas e respostas, recebendo-se no fim uma recompensa ou um castigo.” (HUIZINGA, 2004, p.108).

Huizinga reconhece o jogo como algo inato ao homem, considerando-o uma categoria primária da vida e anterior mesmo à cultura, tendo esta evoluído no jogo. No campo do ensino, há evidências de que estruturas de jogos tornam as atividades educacionais mais significativas para as situações de aprendizagem (MIRANDA, 2001).

De acordo com Miranda (2001), a partir do jogo, podem ser alcançados diversos objetivos relacionados: à cognição (desenvolvimento da personalidade e inteligências), à afeição (autoestima e afetividade), à socialização (divisão de tarefas e hierarquias), à motivação (desafio e mobilização), e à criatividade.

As Orientações Curriculares para o Ensino Médio também estimulam a utilização de jogos porque:

> “[...] o jogo oferece o estímulo e o ambiente propícios que favorecem o desenvolvimento espontâneo e criativo dos alunos e permite ao professor ampliar seu conhecimento de técnicas ativas de ensino, desenvolver capacidades pessoais e profissionais para estimular nos alunos a capacidade de comunicação e expressão, mostrando-lhes uma nova maneira, lúdica, prazerosa e participativa de relacionar-se com o conteúdo escolar, levando a uma maior apropriação dos conhecimentos envolvidos.” (BRASIL, 2006, p. 28)

É neste contexto que a proposta de um jogo de tabuleiro com cartas de perguntas e respostas surge como uma alternativa de material didático que torne os conceitos relacionados à Fotossíntese mais atrativos e, ao mesmo tempo,de forma que seja lúdica e educativa.

3.7. IMPORTÂNCIA DA FOTOSSÍNTESE PARA A AGRICULTURA NO MUNICÍPIO DE UNIÃO DA VITÓRIA E NO ESTADO DO PARANÁ

A agricultura, na atualidade, modernizou-se ao utilizar-se de diversas tecnologias para maximizar as colheitas, porém, reduzindo a diversificação de espécies cultivadas. De fato, houve uma especialização e há forte ênfase em“

apenas seis espécies de plantas – trigo, arroz, milho, batata, batata-doce e mandioca – das quais provêm, direta ou indiretamente, mais de 80% das calorias consumidas pelos seres humanos." (RAVEN,2014, p. 952). Destaca-se ainda que:

> "Nos últimos 500 anos, importantes culturas têm sido introduzidas em todo o mundo e cultivadas em qualquer local onde elas se adaptem bem. Os principais cereais – trigo, arroz e milho são cultivados em todos os locais em que o clima permite." (RAVEN,2014, p. 952).

Essas plantas são ricas em carboidratos provenientes do processo fotossintético, "*mas não fornecem uma dieta balanceada*." (RAVEN, 2014, p. 952).Elas são, em geral, ingeridas juntamente com leguminosas, como o feijão, ervilhas, lentilhas, amendoim e soja, que são ricas em proteínas, além de complementadas com verduras, tais como a alface, o repolho, o espinafre e a acelga, que são abundantes fontes de vitaminas e minerais. (RAVEN, 2014, p. 952). De fato, os vegetais são fundamentais à nutrição humana e

> "Plantas, como o girassol e a oliveira, fornecem os lipídios, que também são necessários na dieta humana. Somando-seàs seis principais culturas alimentícias, há oito outras de considerável importância para o homem: cana-de-açúcar, beterraba, feijão, soja, cevada, sorgo, coco e banana. Juntas, essas 14 espécies de plantas constituem as principais amplamente cultivadas como fontes alimentícias."(RAVEN,2014, p. 954).

Não é objeto desta dissertação abordar o tema produção agrícola, nem discutir questões a ele relacionadas. Ainda assim, tendo em vista o ambiente para o qual o jogo do presente trabalho foi concebido – e no qual foi aplicado –, considera-se importante pontuar que no Brasil, de acordo com o Censo Agropecuário 2006 do IBGE, 82% do número total de estabelecimentos rurais e 28% da área são considerados como agricultura familiar.(SALVADOR, p.5, 2011).

O município de União da Vitória, onde possui diversas atividades econômicas. Porém, destaca-se aqui a vocação deste município para a agricultura familiar:

> "A produção de hortaliças orgânicas apresenta o maior número de agricultores envolvidos e concentra-se em torno das grandes cidades, com destaque para Curitiba, Ponta Grossa, Toledo e União da Vitória. " (SALVADOR, p.6, 2011).

Além disso, a cidade também está entre as maiores regiões produtoras de milho orgânico (SALVADOR, 2011, p.7). A respeito da agricultura orgânica:

> “A legislação ambiental também contribui a favor da agricultura orgânica. Em áreas de mananciais ou de proteção ambiental, a prática da agricultura convencional, que utiliza agrotóxico, é dificultada ou até proibida. A agricultura ecológica busca planejar o espaço rural e produzir alimentos de forma integrada com o ambiente, aproveitando todo seu potencial.” (SALVADOR, p.6, 2011).

Nota-se, portanto, que existe a possibilidade de se estabelecer um vínculo importante entre o conteúdo escolhido, a Fotossíntese, e uma característica cultural e econômica importante para o município no qual está localizada a escola para a qual o presente projeto foi concebido. Assim, abrem-se possibilidades de maior riqueza para os trabalhos em sala de aula ao serem considerados aspectos científicos, educacionais, históricos, globais e locais.

4. MÉTODOS

4. 1. ANÁLISE DOS LIVROS DIDÁTICOS SOBRE O TEMA FOTOSSÍNTESE

Para a análise do assunto Fotossíntese, foram examinadas três coleções de livros didáticos aprovadas pelo PNLD (Plano Nacional do Livro Didático) no ano de 2015. Tais livros foram selecionados a partir de um levantamento junto a14 escolas da rede Estadual de Ensino do Estado do Paraná, situadas na área urbana do município de União da Vitória, que possuem Ensino Médio. Buscou-se assim verificar quais livros de Biologia são adotados para o trabalho junto aos alunos do primeiro ano do ensino médio. As escolas foram contatadas por telefone ou pessoalmente.

A análise foi realizada visando a identificar os conceitos sobre o conteúdo Fotossíntese e de que forma tais conceitos são abordados por cada um dos autores das coleções selecionadas. Tal análise se justifica porque existe ampla pesquisa no Brasil a respeito do tema livro didático, incluindo a necessidade de análises críticas e proposições de alternativas e melhorias:

> "[...] a análise de livro se materiais didáticos vem sendo objeto de pesquisas por parte de estudiosos da área de Educação e, em alguns cursos de formação de professores, já existe, na grade curricular,a disciplina "Análise de Livros e de Material Didático para Professores da Educação Básica" [...] O Programa Nacional do Livro Didático(PNLD), que subsidia o trabalho realizado nas escolas públicas através da distribuição de livros aos estudantes dessas escolas, fez com que as editoras se tornassem mais exigentes com relação à revisão das obras pó relas editadas. No entanto, ainda existem muitas melhorias a serem realizadas nessas edições. (PIRES,2013, p.103).

A análise realizada seguiu a proposta de critérios para análise de Vasconcelos e Souto (2003), adaptadas por Sartin (2012).Os autores propõem que os livros sejam analisados levando-se em consideração alguns parâmetros para a análise do conteúdo como: adequação à série, clareza do texto (definições, termos) nível de atualização e grau de coerência entre as informações apresentadas (ausência de contradições).Os livros analisados no presente trabalho foram agrupados por categorias e serão apresentados na sequência. A opção por uma

análise mais criteriosa do conteúdo em detrimento aos demais parâmetros teve por objetivo balizar a produção do material didático tema deste trabalho.

As escolas consultadas se utilizam basicamente de três livros:**Biologia**,**volume 1**, dos autores Sérgio Linhares e Fernando Gewandsznajder, Editora Ática, 1ª edição, 2011; **Biologia**, 1ª série, da autora Vivian L. Mendonça,Editora A.J.S, 2ª edição, 2013; e **Ser Protagonista**, volume 1, editora responsável Tereza Castro Osorio, obra coletiva da Editora S.M, 2ª Edição, 2013.

A seguir, são apresentados os quadros de análise, baseados nos critérios de acordo com Vasconcelos e Souto (2003), adaptados por Sartin (2012) que foram utilizados para analisar o conteúdo Fotossíntese nos livros selecionados:

Análise do livro 01: **Biologia volume 1**, autores Sérgio Linhares e Fernando Gewandsznajder, Editora Ática, 1ª edição, 2011.

Parâmetro	**Fraco**	**Regular**	**Bom**	**Excelente**
Adequação à série			Utiliza os termos bioquímicos relativos ao processo de Fotossíntese.	
Clareza do texto (definições, termos)		A utilização dos termos fase clara como sinônimo de fase fotoquímica e fase escura para a fase química (Ciclo de Calvin), dando a impressão que a fase química ocorre de forma independente da fase fotoquímica.		
Nível de atualização do texto	Não menciona sequer a existência de sais minerais participando no processo de Fotossíntese. Não apresenta a relação dos pigmentos acessórios da Fotossíntese com a clorofila.		Utiliza a equação geral da Fotossíntese e indica o produto final como sendo a glicose.	

Grau de coerência entre as informações apresentadas (ausência de contradições);			Pode ser considerado bom, mesmo com algumas restrições.	

Quadro 1 – Critérios para análise de VASCONCELOS e SOUTO, 2003 adaptados por SARTIN,2012

Análise do livro 02: **Biologia** 1ª série, autora Vivian L. Mendonça, 2ª edição A.J.S., 2013.

Parâmetro	**Fraco**	**Regular**	**Bom**	**Excelente**
Adequação a série		Opta por não abordar os detalhes bioquímicos em relação à Fotossíntese	.	
Clareza do texto (definições, termos)	Ao optar pela ausência de vários termos bioquímicos, simplifica por demais o processo, comprometendo o entendimento.	A utilização dos termos fase clara como sinônimo de fase fotoquímica e fase escura para a fase química (Ciclo de Calvin), dando a impressão que a fase química ocorre de forma independente da fase fotoquímica		
Nível de atualização do texto	Não menciona sequer a existência de sais minerais participando no processo de Fotossíntese, não apresenta a relação dos pigmentos acessórios da Fotossíntese com a clorofila.		Utiliza a equação geral da Fotossíntese e indica o produto final como sendo a glicose.	
Grau de coerência entre as informações apresentadas (ausência de contradições);			Pode ser considerado bom mesmo com algumas restrições.	

Quadro 2 – Critérios para análise de VASCONCELOS e SOUTO, 2003 adaptados por SARTIN,2012.

Análise do livro 03: **Ser Protagonista** volume 1, editora responsável Tereza Castro Osorio, obra coletiva da Editora S.M, 2ª Edição, 2013.

Parâmetro	Fraco	Regular	Bom	Excelente
Adequação a série			Utiliza os termos bioquímicos relativos ao processo de Fotossíntese	
Clareza do texto (definições, termos)	Não apresenta a relação dos pigmentos acessórios da Fotossíntese com a clorofila, nem uma explicação sobre outras funções atribuídas a tais pigmentos.	A utilização dos termos fase clara como sinônimo de fase fotoquímica e fase escura para a fase química (Ciclo de Calvin), dando a impressão que a fase química ocorre de forma independente da fase fotoquímica		
Nível de atualização do texto	Não menciona sequer a existência de sais minerais participando no processo de Fotossíntese.		Utiliza a equação geral da Fotossíntese e indica o produto final como sendo a glicose.	
Grau de coerência entre as informações apresentadas (ausência de contradições);	Apresenta informações contraditórias na página 129 quando afirma sobre a fase química da Fotossíntese: " também conhecida como fase escura, essa etapa da Fotossíntese ocorre tanto na presença como na ausência de luz. " Ainda na mesma página há a seguinte informação "Como a maior parte das plantas não fazem Fotossíntese à noite, apenas respiram"			

Quadro 3 – Critérios para análise de VASCONCELOS e SOUTO, 2003 adaptados por SARTIN,2012.

Na seção 5.2 é apresentada uma discussão pormenorizada e que dá embasamento ao que é apresentado nos quadros 4, 5 e 6. A razão da presença destes quadros resumidos nesta seção é garantir um encadeamento de ideias que leva a uma melhor compreensão da totalidade do presente trabalho.

4.2. DESENVOLVIMENTO DO JOGO

4.2.1. DESCRIÇÃO DA ELABORAÇÃO DO JOGO

O projeto que deu origem ao Jogo Ludo da Fotossíntese foi planejado e desenvolvido durante o curso do Mestrado Profissional em Ensino, pelo Programa de Pós-Graduação em Formação Científica, Educacional e Tecnológica ofertado pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (PPGFCET).Teve início a partir das dificuldades percebidas no ensino-aprendizagem do conteúdo Fotossíntese. Por exemplo, as aulas sobre este conteúdo no ensino médio tradicionalmente baseiam-se no livro didático, com ênfase nas equações bioquímicas relacionadas ao processo, sem levar em consideração as concepções prévias dos estudantes.Além disso, muitas vezes, os estudantes concluem esta fase do ensino sem conseguir relacionar tais conhecimentos de maneira contextualizada (BANDEIRA,2013). Também se deve mencionar uma preocupação com a ausência de práticas de experimentação, devido à estrutura precária dos laboratórios de Ciências (MIZUTANI, 2010).

A partir da percepção de que os materiais encontrados apresentavam muitas lacunas, em especial as deficiências encontradas em livros didáticos (seção 4.1), deu-se início a um processo de construção de um material didático que servisse de alternativa e complemento ao ensino da Fotossíntese no Ensino Médio. O planejamento inicial previa produzir um objeto de aprendizagem para uso em *tablets* e outros dispositivos móveis similares. Esta proposta foi abandonada pela dificuldade encontrada por esta mestranda pelo fato de residir em União da Vitória, distante de Curitiba aproximadamente 240 quilômetros, porque este tipo de projeto exigiria um acompanhamento mais próximo por parte de um técnico de programação ligado à universidade, o que não foi possível.Considere-se também o fato de que, no primeiro ano de curso, fase de planejamento,esta mestranda ainda se encontrava lecionando na cidade de União da Vitória, deslocando-se semanalmente para assistir às aulas na Universidade e conversando com o orientador. Esta realidade tornou inviável estabelecer um trabalho de colaboração com um programador que auxiliaria na elaboração do *software* (programa). Reconhecendo estas dificuldades o planejamento foi reorientado, desta vez pensando em um material didático que fosse

atrativo para os estudantes, atendesse às demandas educacionais e, ao mesmo tempo, fosse prático, considerando o tempo reduzido das aulas disponíveis para a disciplina de Biologia. Além disso, também deveria ser considerada a portabilidade do material.

Partindo destes pressupostos, foi dada ênfase à a análise dos materiais didáticos disponíveis, delimitada aos principais livros utilizados nas escolas públicas da área urbana do município de União da Vitória.Também aprofundou-se na leitura de livros e artigos sobre o tema Fotossíntese e buscou-se refletir sobre análises de concepções prévias dos alunos. Esta dinâmica formou os alicerces para a produção do jogo.O foco seria produzir um material sem as limitações dos materiais disponíveis. A outra premissa foi situar todo o trabalho sob a necessidade de construção da Alfabetização Científica.

Reconhecendo todos os elementos elencados acima passou-se ao planejamento de um jogo didático em formato de tabuleiro. Foram listados os principais conceitos que deveriam ser abordados. Levou-se em consideração a análise dos livros didáticos feita inicialmente e também foram considerados os testes aos quais os estudantes são submetidos como, por exemplo, os vestibulares e o Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM). A este respeito, foi imaginada uma alternativa às simples listas de questões objetivas apresentadas normalmente para serem respondidas pelos estudantes. Então, foram planejadas cartas com questões similares, mas que deveriam ser respondidas durante um jogo objetivando tornar esta dinâmica mais envolvente e atraente, numa tentativa de aproximar os estudantes do conhecimento científico de uma forma lúdica. No processo, tomou-se o devido cuidado com as imagens utilizadas na produção do jogo e manual didático, selecionando apenas imagens de autoria própria ou aquelas sob licença livre (*Creative Commons*), para não infringir direitos autorais.

As discussões conduziram ao desenvolvimento de um jogo de tabuleiro similar a um jogo de Ludo tradicional. As regras foram modificadas a partir do modelo a seguir, que ilustra o Ludo detalhadamente:

> “Ludo é uma versão ocidental popular do antigo jogo hindu Pachisi. Pode ser jogado por 2,3 ou 4 jogadores (no caso de 4, é possível formar 2 duplas). O tabuleiro quadrado tem um percurso em forma de cruz e cada jogador tem quatro peões. Um dado define os movimentos. Os peões de

> cada jogador começam na base de mesma cor. O objetivo do jogo é ser o primeiro a levar seus 4 peões a dar uma volta no tabuleiro e a chegam ao ponto final marcado com sua cor. Os peões movem-se pelo percurso no sentido horário.
> Para transportar um peão de sua base para seu ponto de partida é necessário sortear 6. Quando o jogador já tem pelo menos um peão no percurso, ele pode mover o peão do número de casas sorteado no dado. Se sortear 6, além de usar esse resultado ele pode jogar novamente o dado.
> Se um jogador chegar a uma casa já ocupada por um peão adversário, o peão adversário deve voltar a sua base. Mas se 2 peões da mesma cor ocuparem uma mesma casa, eles não podem ser capturados e nenhum adversário pode passar por essa casa, tendo seus peões bloqueados.
> Após dar a volta no tabuleiro o peão avança pela reta final, de sua própria cor. A chegada ao ponto final só pode ser obtida por um número exato nos dados. Se o jogador sortear mais do que o necessário, ele vai até o fim e volta tendo que aguardar sua próxima jogada. O vencedor é o primeiro a levar seus quatro peões ao ponto de chegada da sua cor." (SOARES,2004, p.109-110).

Nesta proposta, foram acrescentadas as cartas de perguntas ao jogo, tornando-o mais dinâmico e procurando atender a todos os outros aspectos próprios de um jogo didático. Foram também elaboradas as regras específicas e o material de apoio ao professor.

Na fase de finalização do jogo, o *design* do tabuleiro e das cartas que o acompanham, assim como algumas alterações nas regras contaram com a colaboração do biólogo Sam Adam Hoffmann Conceição, egresso do PPGFCET, que preparou o material para enviar à gráfica assim como acompanhou o processo de produção.

As cartas foram desenvolvidas utilizando o Programa *Inkscape* (*software* livre).Cartas de questões com dimensões de 55X85 mm foram salvas em arquivo PDF, o qual foi enviado para a gráfica *Capital Ponto*, à Rua João Chaves, 725 – Xaxim, Curitiba.As cartas foram convertidas para o formato *Corew Draw* e impressas em material PVC num prazo de duas semanas. São ao todo 4 jogos com 60 cartas cada e 4 tabuleiros que foram produzidos em outra gráfica, o que será detalhado a seguir.

Os tabuleiros também foram produzidos no Programa *Inkscape* (*software* livre) com dimensões 60X32 cm e salvas em arquivo do tipo *bitmap PNG*, enviadas para a gráfica JZ Cópias, à Rua Des. Westphalen, 707 – Centro, Curitiba, que produziu e entregou o material em *Banner* brilhoso num prazo de sete dias, sendo o valor total dos quatro tabuleiros de R$60,00. Todos os modelos do material

desenvolvido se encontram em documento complementar a esta dissertação, que é o Produto deste mestrado profissional, e estão disponíveis livremente para a comunidade que se interesse por reproduzi-los para uso em sala de aula.

Destaca-se aqui a importância da contribuição dos professores do PPGFCET que, além dos conhecimentos, compartilharam muitas vezes suas histórias de vida, para que servissem de inspiração e incentivo ao desenvolvimento dos projetos; e que,ao corrigir e chamar a atenção para aspectos que não deveriam ser negligenciados a respeito do trabalho, o fizeram em prol da qualidade do mesmo e com objetivos nobres.

A implementação de uma atividade didática também deve conter objetivos claros em sua fase de planejamento e execução. Esta proposta foi elaborada e desenvolvida com a intenção de ser uma alternativa complementar ao material didático viável ao ensino do conteúdo Fotossíntese, mas também para servir de base para outras discussões envolvendo a dinâmica em sala de aula. Por isso, também fez parte do planejamento a concepção de um procedimento para a aplicação do jogo em sala de aula, por meio de uma sequência didática e, além disso, foi concebida uma forma de avaliação a fim de que se pudessem investigar os efeitos do jogo no envolvimento e na aprendizagem dos alunos.Buscou-se uma avaliação em que o tratamento de dados pudesse ocorrer de forma estatística simples, permitindo a produção dos gráficos como forma de condensar as informações, dando destaque às consideradas mais relevantes para “os resultados brutos [...] tratados de maneira a se tornarem significativos e válidos.” (BARDIN,2001, p.131).

4.2.2. CRITÉRIOS DE ANÁLISE DOS QUESTIONÁRIOS UTILIZADOS PARA A VALIDAÇÃO DO JOGO

Além do desenvolvimento do jogo em si e de todo o processo que conduziu a sua organização, sempre esteve presente, no desenrolar do projeto, a preocupação com a validação do jogo produzido.

Neste sentido, optou-se por estruturar esta validação, entendida enquanto avaliação do impacto (pontos positivos e negativos,possibilidades ensejadas pelo jogo e potencialidades de uso em sala de aula) em duas partes. Na primeira, foram avaliadas as anotações realizadas em diário de campo elaborado durante as aulas (vide seção 5.3) a fim de comparar os resultados obtidos por meio das aulas e na aplicação do jogo com os Indicadores de Alfabetização Científica propostos por Sasseron (2008) e Sasseron e Carvalho (2008), conforme discutido na seção 2.2.

Além da análise dos Indicadores de Alfabetização Científica, também se buscou a opinião dos estudantes por meio de questionário aplicado após a realização do jogo. Este questionário está disponível no Apêndice da dissertação e foi elaborado com base no trabalho de Nascimento e colaboradores (2012), intitulado “Desenvolvimento e aplicação de um jogo didático para ensino médio”. O objetivo do questionário era avaliar a satisfação dos estudantes com o jogo, elementos sobre a dinâmica percebida na sala de aula e indícios de aprendizagem do conteúdo, dentre outros. Esta discussão é apresentada na seção 5.4.

Seguindo critérios propostos por Bardin (2001), primeiramente foram feitas as análises estatísticas dos dados obtidos nos questionários que os estudantes responderam avaliando o Jogo Ludo da Fotossíntese e, na sequência, os resultados foram analisados a fim de propor inferências e adiantar interpretações a propósito dos objetivos previstos.

4.3. IMPLEMENTAÇÃO DO JOGO EM SALA DE AULA

A sequência didática composta por quatro aulas foi implementada no Colégio estadual Pedro Stelmachuck, localizado na rua Joaquim Fernandes Luiz, s/n, bairro Cristo Rei, no município de União da Vitória – Paraná. A turma escolhida foi a primeira série A, na qual estão matriculados e frequentando 37 alunos, com faixa etária entre 15 a 17 anos, quase todos moradores do mesmo bairro, sendo alguns residentes em localidades do interior, nas proximidades.

O processo de aplicação em sala de aula ocorreu em duas etapas, a primeira ocorreu em 20 de julho de 2015, contendo duas aulas, sendo a primeira aula deste dia em formato tradicional com uso de texto, *slides* e vídeo expostos em aparelho *data show* (Figuras 1 e 2). Na segunda aula deste mesmo dia foi feita a experimentação para demonstrar o fenômeno da fluorescência da clorofila (Figuras 4 e 5). Esta demonstração foi realizada com a intenção de despertar o interesse dos estudantes sobre o tema. Para maiores detalhes sobre o experimento, recomenda-se consulta ao sítio “Ciência Curiosa” (http://www.cienciacuriosa.com.br/clorofila-sob-a-luz-negra/). (SAM, 2015) Neste sítio também pode ser encontrada uma breve explicação que serve de introdução ao fenômeno da Fotossíntese.

Figura 04A : Aula explositiva com uso de *data show*. Fonte: autora.

Figura 4B: Detalhe da aula expositiva com uso de *datashow*. Fonte: autora.

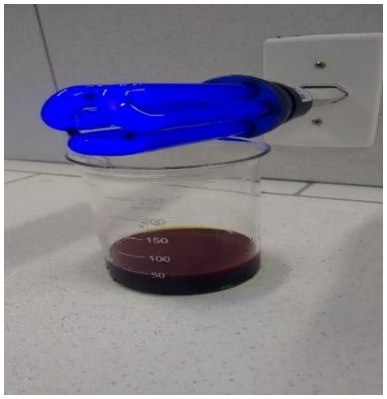

Figura 05A: Extrato de folhas vegetais sob lâmpada de luz negra apagada. Fonte: autora.

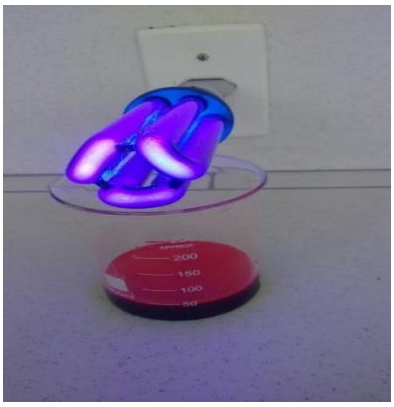

Figura 05B: Extrato de folhas vegetais sob lâmpada de luz negra acesa. Note-se a fluorescência que se observa devida à presença da clorofila na solução. Fonte: autora.

Na segunda etapa, usou-se um formato mais lúdico. Esta ocorreu no dia 25 de julho de 2015. Na primeira aula deste dia foram utilizados quebra-cabeças confeccionados de forma artesanal no formato do cloroplasto (Figuras 05 e 06).Esta atividade foi realizada com a intenção de estabelecer uma “nova dinâmica” na sala de aula, a fim de propiciar maior envolvimento dos estudantes com a atividade

seguinte, o jogo. Na segunda aula, deu-se uma primeira apresentação do jogo didático “Ludo Fotossintético”.

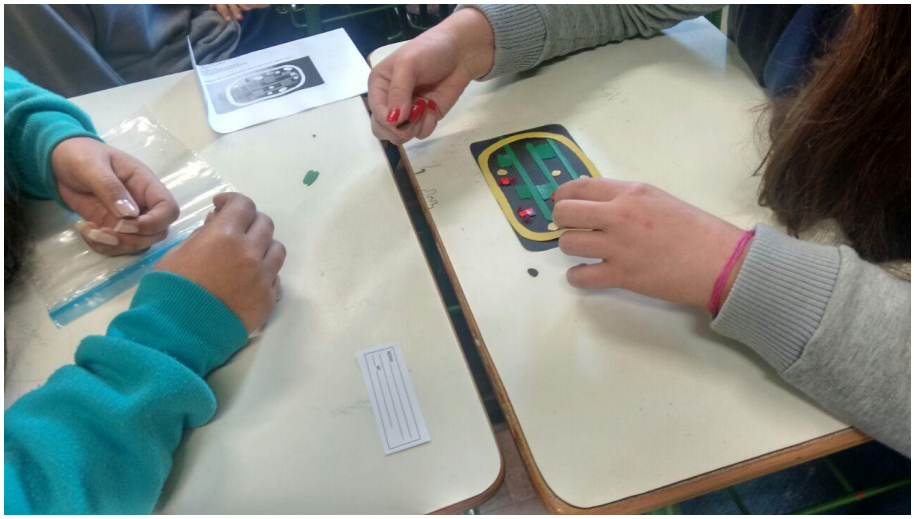

Fig. 06: montagem do modelo de cloroplasto em sala de aula .
Fonte: autora

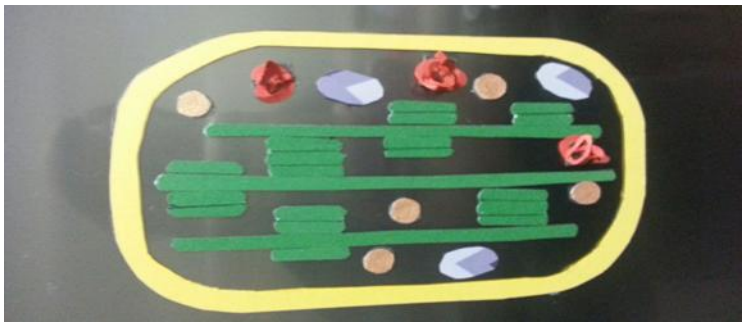

Fig. 07: Modelo de Cloroplasto tal como montado pelos estudantes.
Fonte: autora.

A terceira aula proposta na sequência didática consistiu na montagem de modelos didáticos em formato de cloroplasto. Esses modelos foram produzidos de maneira artesanal (utilizando papel imantado, também chamado de papel magnético e papel adesivo *Contact* colorido) em coautoria com a professora Ana Inez Kienen Schreiner, mestre em Patrimônio Cultural e Sociedade pela Univille (Universidade de Joinville, SC). Os estudantes levaram cerca de 30 minutos para completarem esta atividade, a qual foi realizada em duplas.

A aplicação do Jogo foi iniciada na sequência. Nos primeiros 10 minutos, foram lidas as regras do mesmo e esclarecidas algumas dúvidas, como a marcação

dos pontos e os tabuleiros foram fixados nas carteiras com fita dupla-face (Figuras 8 a 16). Em seguida, ocorreram as partidas simultaneamente nos grupos que se dividiram em função dos quatro tabuleiros disponíveis. A duração desta atividade foi de cerca de 40 minutos. Nos 10 minutos restantes, foram respondidos os questionários para validação do jogo.

Fig. 08A: Tabuleiro, grupo 01
Fonte: autora

Fig. 08B: Organização das cartas pelo grupo 01
Fonte: autora

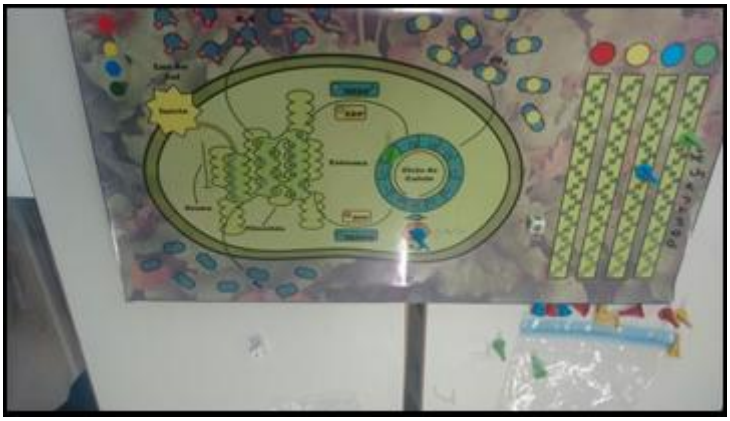

Fig. 09A: Tabuleiro, grupo 02
Fonte: autora

Fig. 09B: Organização das cartas, grupo 02
Fonte: autora

Fig. 10A: Tabuleiro, grupo 03
Fonte: autora

Fig. 10B: Organização das cartas, grupo 03
Fonte: autora

Fig. 11A: Organização das cartas, grupo 04
Fonte: autora

Fig. 11B: Tabuleiro, grupo 04
Fonte: autora

Fig. 12A: Tabuleiro, grupo 05
Fonte: autora

Fig. 12B: Organização do jogo, grupo 05
Fonte: autora

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. ANÁLISE DOS LIVROS DIDÁTICOS

É importante deixar claro que a análise aqui apresentada se refere tão somente à abordagem feita pelos autores com respeito ao tema Fotossíntese. Além disso, a análise também levou em conta a experiência profissional em sala de aula da autora desta dissertação. Entende-se que existem indícios da necessidade de que sejam apresentados materiais complementares aos livros didáticos, no sentido de dar aos professores e alunos mais recursos a serem utilizados no processo de ensino-aprendizagem sobre a Fotossíntese.

Na avaliação dos livros didáticos, conforme critérios expostos na seção 4.1, foi possível delimitar categorias de conteúdo que são analisadas e apresentadas na sequência, servindo de referência para o planejamento, elaboração e produção do material didático: Ludo da Fotossíntese.

5.1.1. EQUAÇÃO GERAL DA FOTOSSÍNTESE

O processo fotossintético normalmente é representado pela equação (PIRES, 2013):

$$6\ CO_2 + 6\ H_2O \rightarrow C_6H_{12}O_6 + 6\ O_2$$

E destaca-se que:

> "A explicação para a equação é descrita,de forma geral, como o processo que usa a energia luminosa para converter o gás carbônico e a água em açúcares. A maioria das publicações se refere à glicose como o açúcar produzido nesse processo. Porém,durante o processo de fixação do carbono, é produzido um aldeído de três carbonos, e a glicose é apenas percussora na formação dos glicídios mais comuns nas plantas, a sacarose e o amido." (PIRES,2013, p.104).

Nos três livros analisados (vide seção 4.1), existem equações idênticas ou similares e a glicose, além de ser representada nas equações, está no texto como sendo o principal produto da Fotossíntese. Mendonça (2013) afirma sobre o ciclo de Calvin – Benson que: "*neste ciclo, são formadas moléculas de carboidrato* $(CH_2O)_n$ *e água. A molécula* CH_2O *sofre polimerização imediata, originando a glicose...*" na

sequência, expõe várias equações sempre representando a glicose como produto final e no esquema simplificado do cloroplasto o mesmo ocorre. Enquanto Linhares (2011) apresenta uma equação similar e faz uma reflexão sobre a mesma "*Comparando a fórmula química do gás carbônico com a da glicose, observamos que, para transformar seis moléculas de gás carbônico em uma de glicose, são necessários átomos de hidrogênio*." Já Osório (2013) apresenta uma equação similar e afirma que "*Como a glicose, composto orgânico de seis carbonos, é o carboidrato mais comumente representa a equação geral passa a ser...".*Nota-se que há a percepção de que existem outros compostos orgânicos sendo produzidos, mas todos fazem a opção pela equação tradicional.

Sobre a produção de compostos orgânicos durante a Fotossíntese, Taiz e Zeiger (2009) afirmam:

> "Os carboidratos sintetizados no ciclo de Calvin são convertidos em formas de armazenagem de energia e carbono: sacarose e amido. A sacarose, a forma transportável de carbono e energia na maioria das plantas, é sintetizada no citosol, com sua síntese regulada pela fosforilação da sacarose fosfato sintase. O amido é sintetizado no cloroplasto. O balanço entre as rotas biossintéticas da sacarose e do amido é determinado pelas concentrações relativas dos efetores metabólicos (ortofosfato, frutose-6-fosfato, 3-fosfoglicerato e diidroxiacetona fosfato)."(TAIZ E ZEIGER, 2009, p.196).

Nota-se que em todos os livros analisados os autores demonstram que há a percepção de que existem outros compostos orgânicos sendo produzidos, mas fazem a opção pela equação tradicional. Apenas Osório(2013, p.125) propõe uma equação alternativa: *"Desconsiderando-se neste momento, todas as reações bioquímicas envolvidas, a Fotossíntese pode ser genericamente representada pela equação:* $2\ H_2O + CO_2 \rightarrow (CH_2) + H_2O + O_2$ ". Interessante ressaltar que de acordo com a bibliografia consultada sobre o tema, utilizar uma equação que apresente ao final a produção de um carboidrato genérico seria uma opção didática mais adequada de forma a dar mais clareza ao processo de Fotossíntese.

Mendonça (2012) trata do tema Fotossíntese no capitulo 9,"Metabolismo energético da célula", que, na sequência de conteúdo do mesmo capitulo, aborda quimiossíntese e respiração aeróbia.Sobre essa forma de expor o conteúdo Kawasaki(2000) discorda propondo que:

> “Fotossíntese é: gás carbônico + água + energia ⟶ glicose + oxigênio. Por meio de tópicos como ‘reações químicas nos organismos vivos ou nos ecossistemas’, textos didáticos de ciências apresentam a versão bioquímica da Fotossíntese e da respiração.A Fotossíntese e a respiração são apresentadas a forma de equações químicas, que podem ser expressas de forma semelhante aquelas da matemática:
>
> $$6CO_2+6H_20+ENERGIA\ (luz) \longrightarrow C_6H_{12}O_6+6O_2$$
>
> Não se chama a atenção para o fato de que tal representação pode conduzir o aluno a pensar (equivocadamente) que parte do oxigênio sai do gás carbônico, quando se sabe que todo oxigênio produzido vem da água e em processos bem distintos, pois para produzir 6 O_2 são necessárias 12 H_2O. Além disso, nesta versão reforça-se a oposição entre esses dois processos, que estequiometricamente são inversos, mas biologicamente são complementares. Tais reações químicas, que se realizam no interior das células, necessitam de uma energia de ativação, captada do sol, através da clorofila e outros compostos fotorreceptores.”(KAWASAKI, 2000, p.27).

Desta discussão, fica clara a necessidade de incluir mais elementos de conteúdo nas aulas, a fim de que os estudantes tenham acesso a uma compreensão mais aprofundada. Neste sentido, algumas das questões do Ludo da Fotossíntese foram elaboradas a fim de que estes elementos pudessem ser mais bem discutidos.

5.1.2. DIVISÃO DIDÁTICA DA FOTOSSÍNTESE - FASES FOTOQUÍMICA E QUÍMICA

Embora sejam conhecidas mais de 50 etapas intermediárias do processo de Fotossíntese (TAIZ E ZEIGER, 2009) para fins didáticos utiliza-se a divisão em 2 fases, que comumente são chamadas de “fase clara” ou “fotoquímica” e “fase escura”, numa referência aos experimentos de Calvin para tratar da fase química, também chamada de Ciclo de Calvin.

Dentre os livros analisados, Osório (2013) apresenta informações contraditórias na página 129, quando afirma sobre a fase química da Fotossíntese: “também conhecida como fase escura, essa etapa da Fotossíntese ocorre tanto na presença como na ausência de luz.” Ainda na mesma página há a seguinte informação “*Como a maior parte das plantas não fazem Fotossíntese à noite, apenas respiram...*” Não há distinção sobre plantas com diferentes metabolismos. Problema semelhante é apontado por SARTIN *et al*, 2012:

> O LD (Livro Didático) analisado apresenta lacunas na abordagem de alguns conteúdos ou erros conceituais cometidos durante a transposição didática, ao tentar simplificar e generalizar algumas explicações. Como exemplo:
> "[...] durante a noite os estômatos se fecham, o que evita a perda de água por transpiração. " (p.220)
> A afirmativa da última frase não é verdadeira para todas as plantas, pois plantas adaptadas ao deserto e que possuem Fotossíntese do tipo metabolismo ácido das crassuláceas (CAN) fixam CO_2 em ácidos orgânicos à noite para evitar a perda excessiva de água, portanto durante a noite, abrem os seus estômatos (TAIZ e ZEIGER, 2009, apud SARTIN *et al.*, 2012, p.4).

Todos os autores mantém a utilização dos termos fase clara como sinônimo de fase fotoquímica e fase escura para a fase química (Ciclo de Calvin), dando a impressão que a fase química ocorre de forma independente da fase fotoquímica. Isto pode levar o estudante a acreditar que durante o processo de Fotossíntese sempre ocorrem essas duas fases em todos os seres fotossintetizantes, sem levar em consideração outros seres fotossintéticos como, por exemplo, as bactérias anaeróbias que não fazem uso do ciclo de Calvin.Como afirma Taiz e Zeiger (2009):

> O ciclo de Calvin não ocorre em todas as células autotróficas. Algumas bactérias anaeróbias utilizam outras rotas para o crescimento autotrófico:
> - A síntese mediada pela ferrodoxina, de ácidos orgânicos derivados do acetil-e sucinil-CoA via uma reversão do ciclo do ácido carboxílico das bactérias verdes sulfurosas.
> - O ciclo produtor de glioxilato (rota do hidroxipropionato das bactérias verdes não sulfurosas).
> - A rota linear (rota acetil-CoA) das bactérias acetogênicas e metanogênicas)
>
> Embora o ciclo de Calvin seja quantitativamente a rota mais importante da fixação autotrófica do CO_2, outras rotas foram também descritas. (TAIZ E ZEIGER,2009 p. 178)

Sobre a divisão didática das fases da Fotossíntese, uma forma mais clara seria utilizar apenas os termos "fase fotoquímica" e "fase química", fazendo a distinção sobre plantas com diferentes metabolismos e bactérias fotossintetizantes, embora não seja necessário descrever cada processo detalhadamente, seria de grande valia citar as diferenças entre os diferentes processos de Fotossíntese. Desta forma, os estudantes teriam acesso a uma informação importante relacionada à compreensão do fenômeno.

5.1.3. PIGMENTOS ACESSÓRIOS DA FOTOSSÍNTESE

Além da clorofila, existem pigmentos acessórios que atuam durante o processo de Fotossíntese, armazenando fótons que poderão ser repassados para as moléculas de clorofila. (TAIZ e ZEIGER, 2009):

> "A Fotossíntese é o armazenamento de energia solar realizado pelas plantas, algas e bactérias fotossintetizantes. Os fótons absorvidos excitam moléculas de clorofila, que, excitadas, liberam essa energia como calor, fluorescência, transferência de energia ou fotoquímica. A luz é absolvida sobretudo pelos complexos antena, os quais são compostos por clorofilas, pigmentos acessórios e proteínas, estando localizados nas membranas dos tilacóides dos cloroplastos.Os pigmentos antena transferem a energia para um complexo clorofila-proteína especializado, conhecido como centro de reação, o qual contem complexos proteicos com muitas subunidades e centenas ou, em alguns organismos, milhares de clorofilas. Os complexos antena e os centros de reação são componentes integrais das membranas dos tilacóides. Os centros de reação iniciam uma série de reações químicas complexas que capturam energia na forma de ligações químicas."(TAIZ e ZEIGER, 2009, p.169).

Os pigmentos acessórios que atuam durante o processo de Fotossíntese possuem ainda função fotoprotetora, minimizando os danos causados aos vegetais pela exposição a luz solar (TAIZ e ZEIGER,2009):

> "Excesso de energia luminosa pode ser prejudicial aos sistemas fotossintéticos, mas vários mecanismos minimizam estes danos. Os carotenoides trabalham rapidamente como agentes protetores, reduzindo os estados excitados da clorofila. As alterações no estado fosforilado dos pigmentos proteicos das antenas podem modificar a distribuição de energia entre os fotossistemas | e ||, quando há um desequilíbrio entre as energias absorvidas pelos fotossistemas. O ciclo das xantofilas também contribui para a dissipação do excesso de energia pelo quenching não-fotoquimico."(TAIZ e ZEIGER, 2009, p.169).

Osório (2013) apresenta informações sobre os pigmentos fotossintetizantes citando carotenos e xantofilas, ficobilinas e os quatro tipos de clorofila a,b,c e d. Fala ainda sobre a bacterioclorofila presente em bactérias fotossintetizantes.Há também uma explicação sobre o tipo de ser vivo que apresenta cada tipo de pigmento, e sobre os comprimentos de onda absorvidos. Não apresenta a relação dos pigmentos acessórios da Fotossíntese com a clorofila, nem uma explicação sobre outras funções atribuídas a tais pigmentos. Já Linhares (2011) cita apenas as clorofilas a e b e os comprimentos de onda de absorção; enquanto Mendonça (2012) cita as clorofilas a e b e a bacterioclorofila, afirmando que "*junto com a clorofila a,*

encontramos outros tipos de clorofila e outros pigmentos que captam a energia luminosa e a transferem para a clorofila a". Taize Zeiger (2009) afirmam que os carotenoides servem como fotoprotetores:

> "Além da sua função como pigmento acessório, os carotenoides desempenham um papel essencial na fotoproteção. As membranas fotossintéticas podem ser facilmente danificadas pelas grandes quantidades de energia absorvida pelos pigmentos, se essa energia não puder ser armazenada pela fotoquímica; esta é a razão da necessidade de um mecanismo de proteção. O mecanismo de fotoproteção pode ser visto como uma válvula de segurança, liberando o excesso de energia antes que possa danificar o organismo."(TAIZ e ZEIGER, 2009 p.163).

A importância da proteção conferida pelos pigmentos acessórios é evidenciada quando comparamos indivíduos que apresentam carotenóides com outros que possuem mutações, desenvolvidas ao longo de um processo de seleção natural, perdendo a capacidade de produzir tal pigmento. Sobre isso Taiz e Zeiger(2009) fazem as seguintes afirmações:

> "Organismos mutantes sem carotenoides não podem viver na presença de luz e oxigênio molecular- uma situação difícil para organismos fotossintelizantes produtores de O_2. Para bactérias fotossintetizantes não-produtoras de O_2 os mutantes que não possuem carotenoides podem ser mantidos em condições do laboratório se o oxigênio for excluído do meio de cultura."(TAIZ e ZEIGER, 2009 p.163).

Ou seja, podemos comparar bactérias fotossintetizantes não produtoras de oxigênio com os sistemas de proteção da maioria das plantas e algas. Como observado a seguir no caso do pigmento acessório xantofilas que minimiza os danos ao dissipar energia, como afirma Taiz e Zeiger(2009): "*Algumas xantofilas também participam na dissipação da energia..."* Ainda sobre este tema: "*O processo parece ser uma parte essencial da regulação do sistema de antena na maioria das algas e plantas superiores. "* (TAIZ e ZEIGER, 2009 p.163).

Tendo em vista as considerações anteriores, ainda que seja considerada a especificidade do ensino médio e a necessidade de simplificação dos conceitos, tendo em vista o papel desempenhado pelos pigmentos acessórios da Fotossíntese e sua importância para a homeostase do ser fotossintetizante, avalia-se que a exposição feita nos livros didáticos não deveria ser tão superficial.

5.1.4. FUNÇÃO DOS SAIS MINERAIS NO PROCESSO DE FOTOSSÍNTESE

Embora as primeiras explicações recebidas pelos estudantes durante o ensino fundamental relacionem a Fotossíntese à absorção de água e sais minerais pelos vegetais, exemplificado, inclusive, em figuras como a mais comum que apresenta um vegetal que recebe a luz solar, absorve água do solo e expõe a equação geral da Fotossíntese, o mesmo não ocorre nos livros didáticos do ensino médio, denotando a falta de coerência no ensino deste conteúdo.

Os três livros analisados não mencionam sequer a existência de sais minerais no processo de Fotossíntese. O trabalho de Taiz e Zeiger(2009) poderia ser usado para complementar, por exemplo, as informações sobre o papel bioquímico do manganês na fotólise da água:

> "Energeticamente é muito difícil oxidar a água para formar oxigênio molecular, e o sistema fotossintético de liberação de oxigênio é o único sistema bioquímico capaz de oxidar a água, fornecendo, assim, a quase totalidade do oxigênio na atmosfera terrestre. A fotoxidação da água é modelada pelo mecanismo de cinco etapas dos estados S. O manganês é um co-fator essencial no processo de oxidação da água e os cinco estados S parecem representar sucessivos estados oxidados de uma enzima portadora de manganês."(TAIZ e ZEIGER, 2009, p.169).

Desta forma, defende-se que, para dar continuidade ao processo de aprendizagem correta de tais conceitos, seria importante a exposição senão detalhada pelo menos simplificada do papel dos sais minerais relacionando-os à Fotossíntese e ao transporte das seivas bruta e elaborada. No Quadro 02 do documento do produto associado à presente dissertação, são apresentados mais detalhes sobre a função dos principais sais minerais associados ao processo de Fotossíntese. O Quadro é adaptação realizada pela autora a partir das funções de nutrientes minerais na Fotossíntese conforme expostas por Taiz e Zeiger(2009).

5.2. ANÁLISE DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Antes de seguir a análise, vale relatar que, após o início do jogo, algumas equipes ainda tiveram dúvidas sobre como marcar os pontos e quantos pontos valia cada questão; mas, durante o jogo os estudantes pareciam estar se divertindo, pois riam bastante e comemoravam os acertos e os erros também, se justificando sobre suas dificuldades. A autora deste trabalho organizou um diário de campo no qual foram anotadas observações relevantes do que transcorreu durante as aulas. As aulas também foram gravadas a fim de permitir acesso às falas para posterior análise. Um exemplo de fala dos estudantes que ilustra a percepção de que os alunos estavam se divertindo pode ser observado nas falas transcritas a seguir:

Aluno 01: "___ *Sou inteligente acertei as mais difíceis*..."

Aluna 02: "___ *Não me conformo, acertei as difíceis e errei as fáceis*..."

Aluna 03: "___ *Isso é muito fácil*..."

Na dinâmica, um dos grupos resolveu, por conta própria, alterar as regras, jogando os dois dados ao mesmo tempo. Caso acertassem, marcavam pontos e avançavam as casinhas. Esta mudança aperfeiçoou o tempo de jogo. Outro grupo trocou de mediador durante o jogo e também alterou as regras do jogo usando apenas o dado temático, ou seja, além de marcar um ponto nas questões fáceis, avançaram uma única casinha; no caso das questões médias, dois pontos e avanço de duas casinhas; e nas difíceis, 3 pontos e avanço de 3 casinhas, o que aumentou o tempo de jogo, mas, mesmo assim, completaram o tabuleiro em cerca de 40 minutos. Observando os desempenhos de todos os grupos é possível perceber que 45 minutos é um tempo razoável para a aplicação do jogo em sala de aula.

Para análise da proposta didática, foram considerados os Indicadores da Alfabetização Científica propostos por Sasseron (2008) e Sasseron e Carvalho (2008). Note-se que os critérios propostos pelas referidas autoras se baseiam em estudos com estudantes no ensino fundamental; porém, entende-se que seja possível sua extensão ao presente caso, tendo em vista que a formação das

estruturas cognitivas que ocorrem ao longo da infância continua a aprimorar-se durante toda a vida (DOIDGE, 2012, p.305). "*Não só o cérebro modela a cultura; a cultura também modela o cérebro*"(DOIDGE, 2012, P. 305).

Após a realização do jogo em sala de aula, com respeito ao Indicador – Seriação de informações, que prevê uma ordem a ser estabelecida, percebeu-se que esta pode ser reconhecida na própria organização das cartas com questões a respeito da Fotossíntese, na sequência necessária para cada reação do processo de Fotossíntese; a organização dos peões por cores também é um tipo de seriação, que estabelece as bases para a ação. Neste trabalho ainda fica clara a seriação na montagem do cloroplasto, bem como na organização dos elementos do jogo.

Com relação à organização de Informações, que pressupõe momentos de discussão do trabalho realizado, leva-se em consideração todos os momentos em que os grupos fizeram pausa durante o jogo para discutir se as regras estavam sendo seguidas corretamente, ou se as mesmas eram justas, ou se poderiam ser modificadas. Nestes momentos os estudantes se tornam colaboradores, e mostram capacidade de fornecer novas informações enriquecendo a proposta didática.

No caso da Classificação de informações, em que há ordenação de elementos, além de relacionar os mesmos, compreende-se que isto ocorreu para entendimento do próprio conteúdo Fotossíntese, considerando que existem duas fases didáticas, e que mais de 50 etapas já foram estudadas, além de que todas as reações químicas são interligadas. Nota-se que os estudantes realizaram esta etapa também quando ocorre a organização para montagem do modelo de cloroplasto, separado em classes: tilacóides, DNA e gotículas de gordura.

Outros indicadores como o raciocínio lógico que pode ser observado na compreensão das equações propostas para a Fotossíntese e o raciocínio proporcional que leva em consideração a interdependência entre todas as reações bioquímicas deste processo também foram observados durante a dinâmica do jogo.

Já o levantamento de hipóteses, que pode surgir tanto como afirmações quanto perguntas, fica mais evidente em outro momento da sequência didática estando presente tanto durante a aula expositiva, em que a explanação ocorre de forma dialógica, oportunizando questionamentos sobre o tema, quanto no momento

de aula em que se testa a fluorescência da clorofila. Como se pode observar em afirmações como:

Aluno 01:"– *A clorofila brilha porque tem energia!*"

Aluno 03:"– *Ah tá, a seiva bruta são os sais minerais!*"

Ou indagações do tipo:

Aluno 02:"– *Por que os tecidos das roupas brancas também brilham?*"

Aluno 03:"– *Esse processo, a fluorescência, ocorre dentro do cloroplasto?*"

Aluno 01: "- *E se não tivesse surgido a Fotossíntese, a gente nem existia?*"

Aluno 04:"- *e esse carbono 14, como funciona?*"

Aluno 03:"– *E a seiva elaborada? É açúcar?*"

Importante salientar que os indicadores propostos para a Alfabetização Científica por Sasseron (2008) possuem o objetivo de permitir que os estudantes não só trabalhem ativamente no processo de construção de conhecimento como sejam capazes de debater ideias sobre os aspectos da Ciência que interferem em suas realidades.

> "É preciso também proporcionar oportunidades para que os alunos tenham um entendimento público da ciência, ou seja, que sejam capazes de receber informações sobre temas relacionados à ciência, à tecnologia e aos modos como estes empreendimentos se relacionam com a sociedade e com o meio-ambiente e, frente a tais conhecimentos, seja capazes de discutir tais informações, refletirem sobre os impactos que tais fatos podem representar e levar à sociedade e ao meio ambiente e, como resultado de tudo isso, posicionarem-se criticamente frente ao tema." (SASSERON, 2008.p.336.).

Deve-se considerar ainda que a apreensão de conhecimentos transcorre de forma individual para cada estudante, porém, as atividades variadas beneficiam o grupo como um todo, tendo em vista que um mesmo conteúdo é apresentado em atividades diferentes, desde leitura e interpretação de texto, passando pela experimentação, por atividade prática que envolve a coordenação motora (no caso a

montagem do cloroplasto) até finalizar com um jogo que testa, além dos conhecimentos adquiridos ao longo desta sequência de aulas, a capacidade de trabalho em grupo e cooperação. Nascimento (2012) afirma, a este respeito, sobre a utilização de jogos didáticos:

> Diversos estudos (LUIZ,2007; NEVES *et al*.,2008; ZANON *et al*.,2008) têm demonstrado a enorme importância da utilização de jogos didáticos, tanto para os alunos individualmente, quanto para as relações dos alunos entre si e com seu professor. Como exemplos de benefícios para o aluno, podem-se citar a reflexão e a solução de problemas; a formulação de hipóteses; o desenvolvimento da criatividade, da inteligência e do trabalho em grupo; o exercício da memória; o estimulo à curiosidade, à participação e ao interesse do aluno; (GOMES e FRIEDRISC apud NASCIMENTO, 2012, p.2).

Portanto, a partir dos resultados obtidos, entende-se que há evidências de que a sequência didática e o processo do jogo puderam colaborar no processo educativo de modo a estimular a Alfabetização Científica dos estudantes, o que era um dos objetivos iniciais do trabalho.

Na sequência do jogo, os jogadores responderam a algumas questões sobre o mesmo para que fosse possível ter um retorno da visão dos estudantes sobre possíveis modificações e sugestões de melhoria que poderão ser adotados. O questionário utilizado está disponível no Apêndice e teve por base o trabalho de Nascimento *et al.* (2012).

5.3. ANÁLISE DOS QUESTIONÁRIOS UTILIZADOS PARA VALIDAÇÃO DO JOGO

Enquanto a análise a respeito dos Indicadores de Alfabetização Científica serviu de guia à professora para que a mesma tivesse uma ideia do potencial de aplicação do jogo em sala de aula, o questionário aplicado teve por objetivo “dar a palavra aos alunos”. Em seguida serão feitas breves considerações sobre cada uma das questões (vide Apêndice). As questões 1, 2, 3, 5,7 e 8 são objetivas, enquanto as questões 4,6 e 9 são descritivas, o que possibilita uma análise das opiniões dos estudantes. A intervenção em sala de aula com uso do jogo e posterior avaliação ocorreu num sábado pela manhã, sendo dia de reposição de aulas devido à greve

ocorrida no início do ano. Compareceu neste dia um total de 13 estudantes. Na figura 10, é apresentada a resposta dos alunos à primeira questão.

Questão 01: Você gostaria de jogar novamente este jogo?

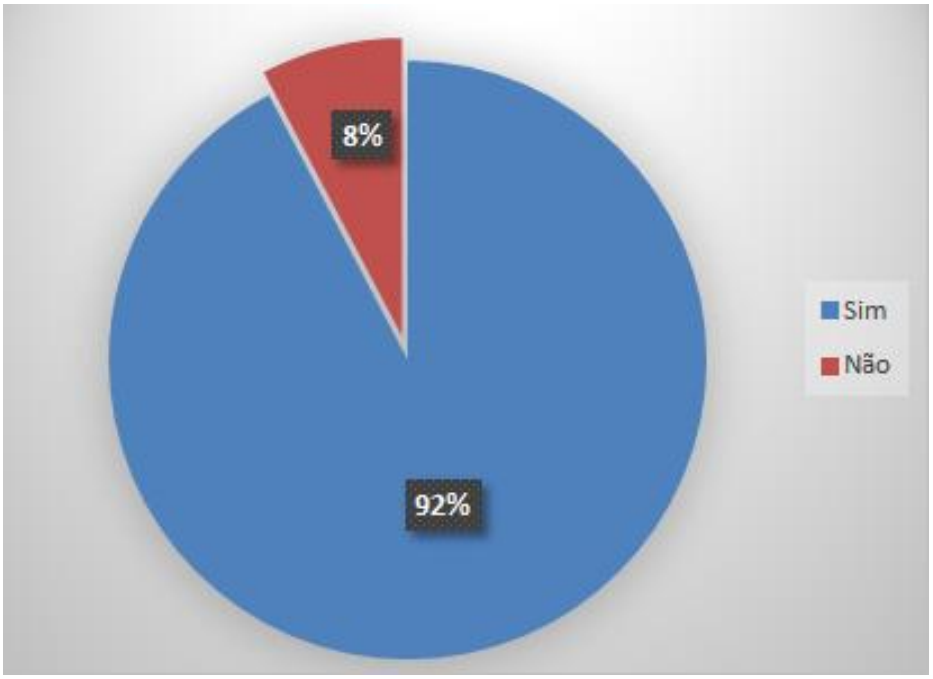

Figura 13: Avaliação da aceitação do jogo.

Fonte: autora

O objetivo da questão 01 é avaliar a aceitação do jogo, o que é de extrema importância, por se tratar de um jogo didático. A análise percentual indica uma avaliação positiva de 92% do total da amostra, sendo que de um total de 13 estudantes da primeira série do ensino médio participantes da atividade apenas 1 não demonstrou interesse em jogar novamente, ou seja, a avaliação negativa foi de apenas 8%.

Na figura 11, são apresentadas as respostas para a questão número 2.

Questão 02: O que você achou sobre o tempo do jogo?

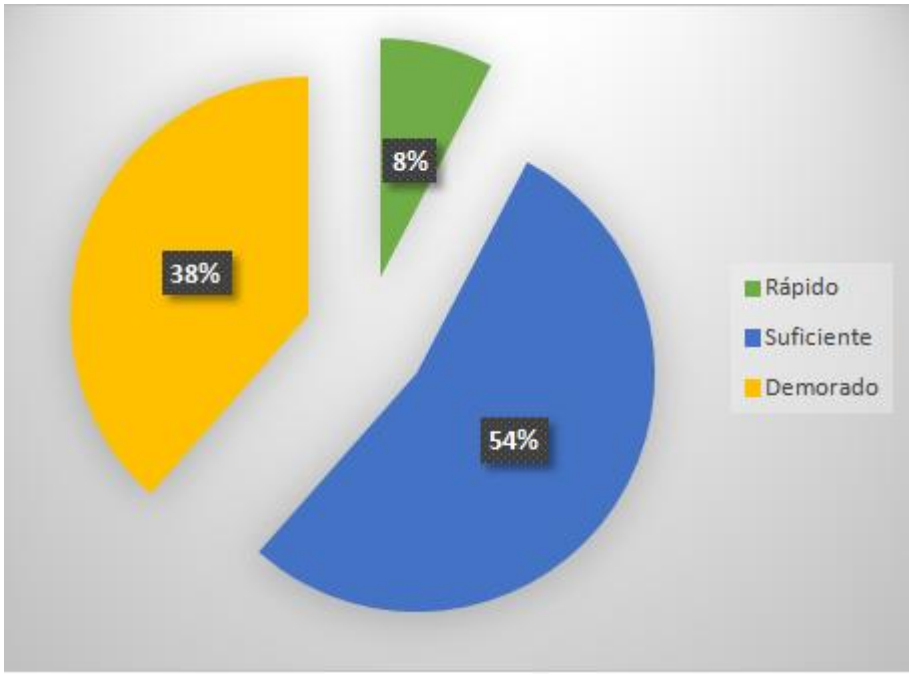

Figura 14: Avaliação do tempo necessário para cada partida.

Fonte: autora

A questão 02 tem por objetivo avaliar o tempo necessário para uma partida, levando em consideração que foi utilizada como parâmetro uma aula de 50 minutos para testar o jogo. De um total de 13 estudantes que avaliaram o tempo usado para desenvolver uma partida do jogo, 7 avaliaram como sendo este tempo adequado ou suficiente o que em termos percentuais representa 54% do total da amostra; em compensação 5 estudantes (38%) avaliaram como demorado, demonstrando necessidade de um tempo maior para completar a partida.

A análise destes índices indica que o tempo necessário para a utilização do jogo em sala de aula deve levar em consideração o ritmo dos estudantes, sendo que cada professor deve avaliar o tempo necessário de acordo com o perfil de estudantes de cada turma. Um estudante respondeu que considerava o jogo rápido o que denota um perfil pessoal mais dinâmico, mas, em se tratando de um jogo didático, os objetivos pedagógicos devem se sobrepor aos demais, o que leva a considerar sempre o conjunto de estudantes em detrimento de avaliações individuais. É provável que, se a atividade for aplicada em aulas geminadas (duas

aulas consecutivas de 50 minutos), não haverá constrangimento de tempo para a utilização do jogo. Outra possibilidade seria a utilização do jogo em atividades de contraturno em que houvesse mais tempo disponível. Ainda assim, conclui-se que é possível jogar o Ludo da Fotossíntese em uma aula, o que requer uma boa preparação prévia por parte do professor.

Na figura 15, constam as respostas referentes à questão 3.

Questão 03: Você gostou do jogo?

Figura 15: Avaliação sobre a popularidade do jogo.

Fonte: autora

Como pode ser observado na figura 12 acima, a avaliação foi extremamente positiva, sendo que 100% dos estudantes participantes desta atividade disseram ter gostado do jogo. Mesmo que os estudantes tenham apontado algumas objeções ao mesmo como visto durante a análise da questão 02 sobre o tempo necessário para desenvolver cada partida, nenhum estudante considerou o jogo “mais ou menos”. Esta é uma indicação de que o jogo foi elaborado de modo a despertar o interesse dos alunos, que era parte dos objetivos do trabalho.

Na figura 13, são apresentadas as respostas referentes à questão número 4.

Questão 04: Você modificaria algo no jogo? Comente:

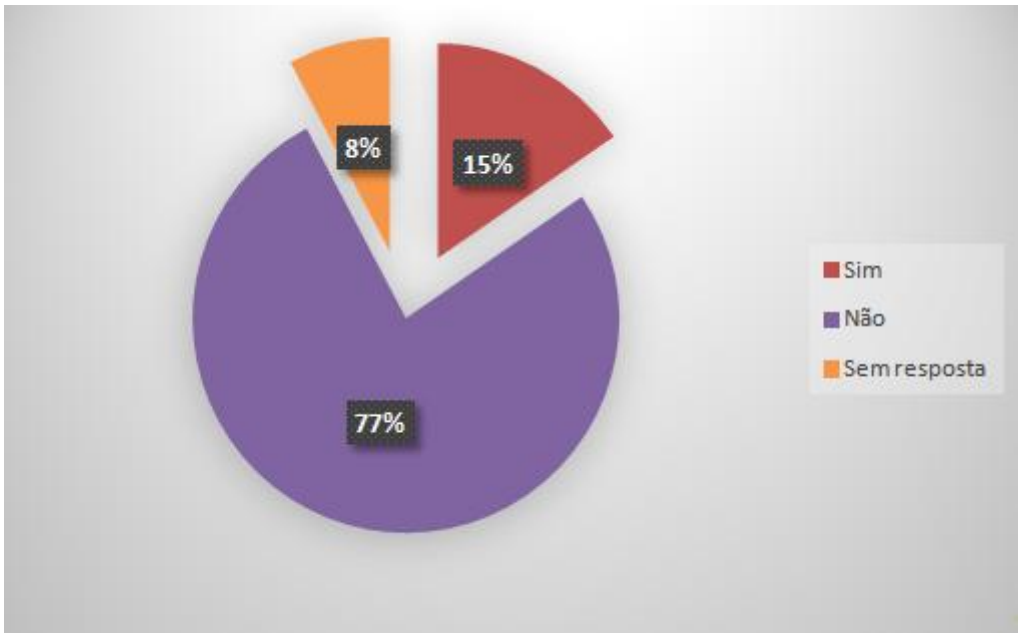

Figura 16: Avaliação sobre possíveis alterações no jogo

Fonte: autora

Como observado na figura 16 acima, 10 estudantes não acharam necessária nenhuma modificação neste jogo, o que representou 77% do total.Dos 15% que sugeriram alterações, ou seja, dois estudantes,um sugeriu que se deveria tornar o jogo (no caso, as questões) mais fáceis e outro ainda considerou as questões especiais, que o mesmo chamou de descritivas, muito extensas, sugerindo que o formato fosse repensado. Um dos estudantes (8%) se absteve de responder a esta questão. Mais uma vez, entende-se que esta resposta demonstra que o jogo foi apreciado pelos alunos.

Na figura 14, constam as respostas referentes à questão 5.

Como observado na Figura 5,15% dos estudantes avaliaram o jogo com grau de dificuldade fácil, 54%consideraram dificuldade mediana, enquanto que 31% consideraram o jogo difícil. Tratando-se de um jogo didático destinado ao Ensino Médio esta avaliação é bastante satisfatória, demonstrando que neste quesito os objetivos foram alcançados, porque um jogo com esta finalidade não pode ter um grau de dificuldade muito alto, porém, o oposto também seria inadequado. Portanto,

analisando tais avaliações sobre este tema considera-se o conteúdo do jogo adequado à série em questão, no caso primeira série do ensino médio, dadas as finalidades do ensino nesta etapa escolar.

Questão 05: Como classificaria o jogo?

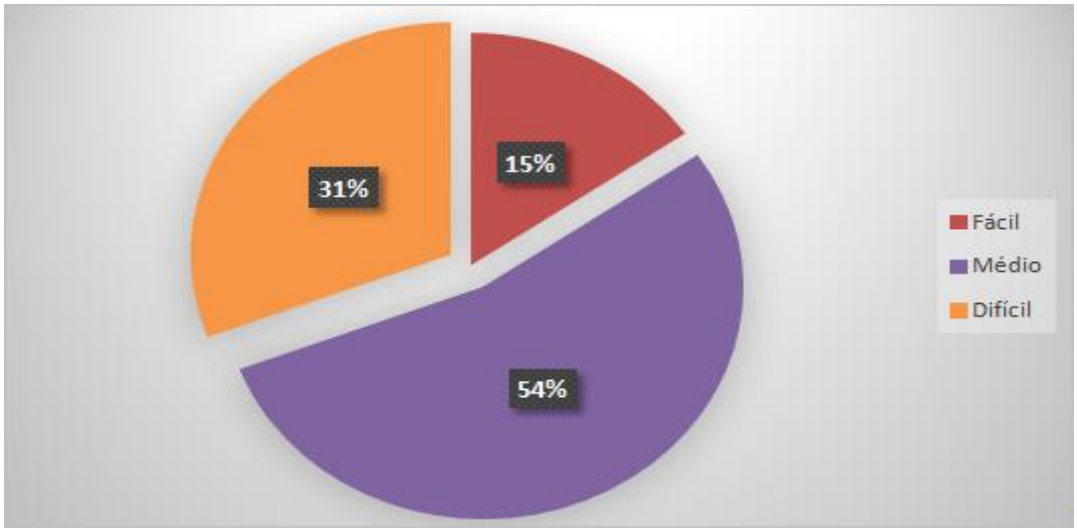

Figura 17: Avaliação sobre possíveis alterações no jogo

Fonte: autora

As respostas à questão 6 podem ser observadas no figura 15.

Questão 06: O que você aprendeu com este jogo?

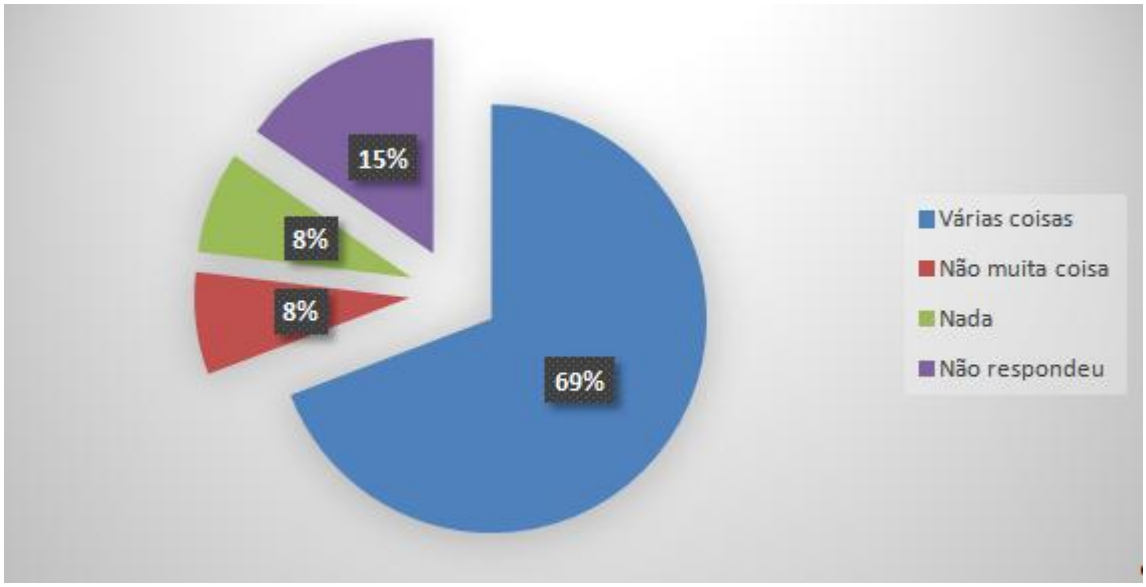

Figura 18: Autoavaliação de aprendizagem utilizando o jogo.

Fonte: autora

Tratando-se de uma questão com interpretação aberta, torna-se necessário analisar individualmente cada resposta. Dois estudantes não responderam, representando uma abstenção de 15%; um estudante respondeu não ter aprendido nada, o que representa 8% do total analisado; um estudante respondeu ter aprendido poucas coisas, representando 8% do total; 9 estudantes ou seja 77% responderam ter aprendido várias coisas; como explicitado nos relatos a seguir, devidos a diferentes estudantes (nota: foram mantidas as respostas tais quais expressas pelos alunos):

- *Altas coisas sobre a Fotossíntese;*
- *Bastante coisas;*
- *Muita coisa interessante;*
- *Algumas partes sobre a matéria;*
- *Várias coisas sobre a biologia;*
- *Algumas coisas sobre a matéria;*

No caso das respostas acima, os estudantes demonstraram entusiasmo ao responder, mas não foram nada específicos. Neste caso, seria interessante uma pergunta mais direcionada. Pode-se também considerar que o trabalho de autoavaliação, por não ser uma pratica comum a estes estudantes, pode ter dificultado que os mesmos respondessem com maior clareza a este questionamento. A este propósito, alguns estudantes foram mais específicos. Por exemplo:

- *Coisas legais sobre plantas e bactérias.*

No caso da resposta acima, o estudante conseguiu citar os principais seres fotossintetizantes abordados durante o jogo, o que evidencia um maior grau de maturidade do mesmo ao responder esta questão. Por outro lado, também houve a seguinte manifestação:

- *Não vale a sorte e sim chutar.*

No caso destas respostas, o estudante não levou em consideração o caráter didático do jogo, analisando apenas o aspecto competitivo como de qualquer outro jogo, assim, ao responder esta questão foi inespecífico tendo esta frase um sentido ambíguo.

Outra resposta que merece destaque foi a seguinte:

- *A prestar bastante atenção*

A resposta acima demonstra que o estudante avaliou outro aspecto do jogo, analisando no caso uma habilidade desenvolvida com a utilização do jogo, a capacidade de concentração.

No caso da questão 7, que trata da clareza das questões, as respostas estão compiladas no figura 16.

Questão 07: As questões foram claras?

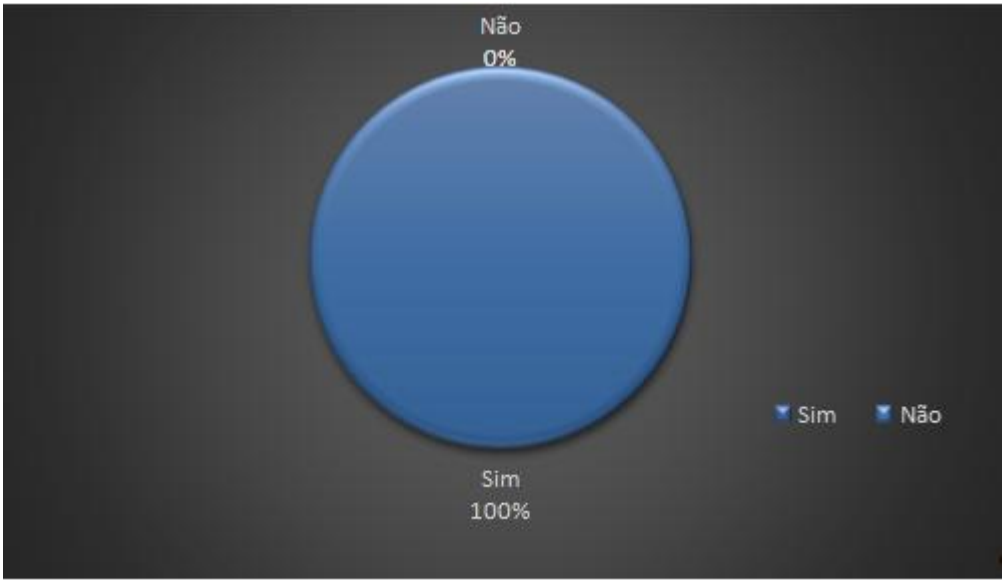

Figura 19: Avaliação quanto à clareza das regras do jogo.

Fonte: autora

Como pode ser observado na figura 16 acima, 100% dos estudantes avaliaram as regras como sendo claro, o que demonstra que não há necessidade de reavaliar o jogo quanto a uma modificação das regras do mesmo; o que não exclui

esta possibilidade, pois o jogo didático deve adequar-se à realidade escolar, ou seja, para esta turma as regras foram suficientemente claras, porém, em outra realidade talvez fosse necessária alguma adaptação. Ainda assim, dada a complexidade do assunto aliada à mudança de dinâmica em sala de aula, considera-se que a avaliação positiva das regras por parte dos estudantes seja mais uma demonstração de objetivo alcançado pelo Ludo da Fotossíntese.

Dando sequência à apresentação dos resultados, na figura 17 estão tabuladas as respostas à questão 8.

Questão 08: o que você achou do formato do jogo?

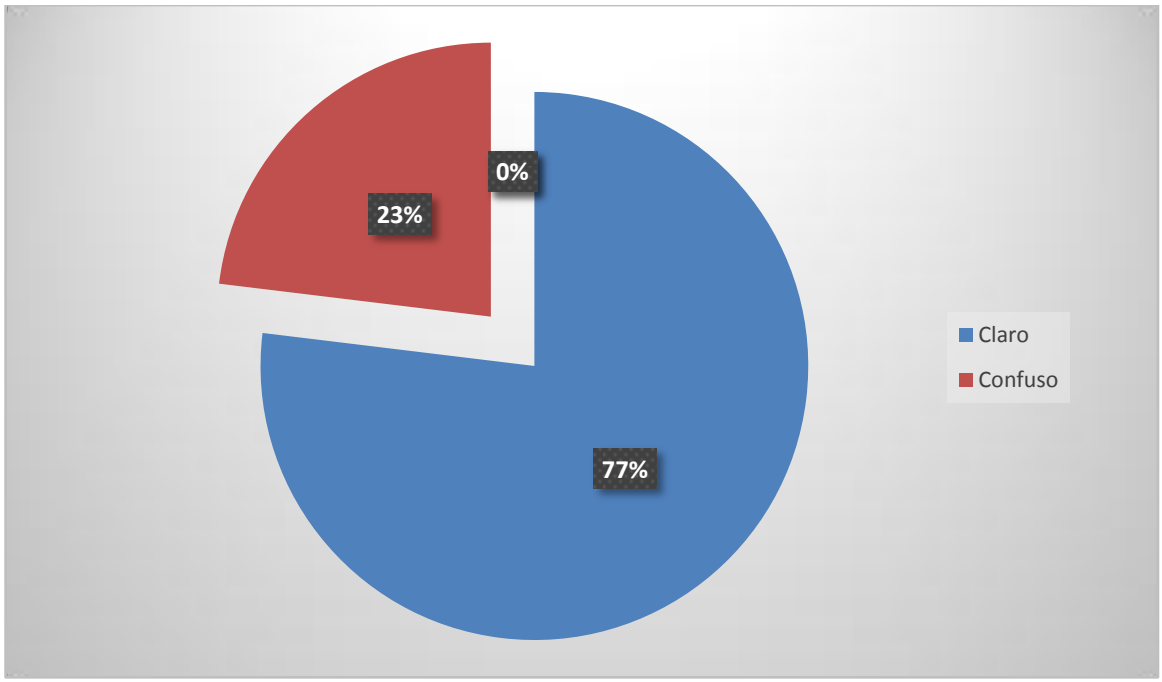

Figura 20 – Avaliação quanto ao formato do jogo.

Fonte: autora

Observando os dados da figura 17 acima, percebe-se que 3 estudantes avaliaram o formato do jogo como sendo confuso, o que representa 23% da amostra. Por outro lado, 77%, ou seja, 10 estudantes consideraram o formato do jogo claro, demonstrando que em sua maioria o formato do jogo foi considerado adequado. Deve ser registrado que, depois da aplicação do jogo, foram feitas modificações no design do tabuleiro para que o tamanho do mesmo ficasse proporcional aos peões do jogo. Também foi formatada a equação do final do ciclo (no tabuleiro), que a princípio era da glicose, para uma equação considerada mais

adequada, no caso a equação geral do carboidrato. Assim, a versão beta do tabuleiro foi substituída por uma versão final modificada. Espera-se que estas modificações contribuam para melhorar a clareza e a dinâmica do jogo.

Deve-se registrar, ainda, a questão final: “Escreva um pouco sobre a experiência de jogar este jogo. Você gostaria de mais atividades deste tipo na escola? Justifique.”

Por tratar-se de uma questão aberta, o que permite uma variedade de interpretações, as respostas foram analisadas individualmente e no caso de respostas similares estas foram agrupadas em categorias, a partir dos aspectos que estas respostas evidenciam sobre o jogo: “Lúdico”, “Incentivo à aprendizagem”; “Estímulo à concentração” e “Interação Social”.

As respostas a seguir enfatizam o “caráter lúdico” do jogo, sem deixar de considerar o aspecto educativo do mesmo:

- *Foi divertido, pois aplica o conhecimento em modo de brincadeira;*
- *Sim, por que faz pensar e também é um modo engraçado de se divertir na sala, queria que tivesse mais;*
- *Forma bem legal de aplicar a matéria;*
- *Sim, pois é uma brincadeira de uma forma que se aplica o conteúdo;*
- *Eu gostei do jogo, se várias vezes as aulas fossem assim seria mais divertido.*

No caso das respostas na sequência, os estudantes fazem observações sobre o caráter de “incentivo à aprendizagem” e fazem referência ao estimulo extra fornecido pelo jogo didático:

- *Sim, pois estimula mais o conhecimento dos alunos;*
- *Sim, porque é um jeito bom de aprender a matéria;*
- *Sim, gostaria que houvesse mais jogos deste tipo durante as aulas e estimula as pessoas a aprenderem mais;*
- *Sim, pois estimula o conhecimento dos alunos.*

No caso da afirmação que segue o estudante considerou o caráter de “incentivo à aprendizagem” favorecido pelo jogo didático e o “estimulo a concentração”, também caracterizado neste tipo de atividade:

- *Prestar mais atenção na matéria e aprender melhor sobre o jogo;*

No caso da afirmação abaixo, o estudante considerou o caráter de interação social estimulado pelo jogo didático aliado ao bem-estar proporcionado por este tipo de atividade.

- *Sim, talvez atividades assim possam melhorar o comportamento e podem ser mais relaxantes.*

Após a análise das respostas individuais, foi possível agrupar as respostas delimitando as categorias de classificação do jogo, com o objetivo de dar mais clareza à análise. Na figura 18, as respostas são agrupadas segundo as categorias elencadas.

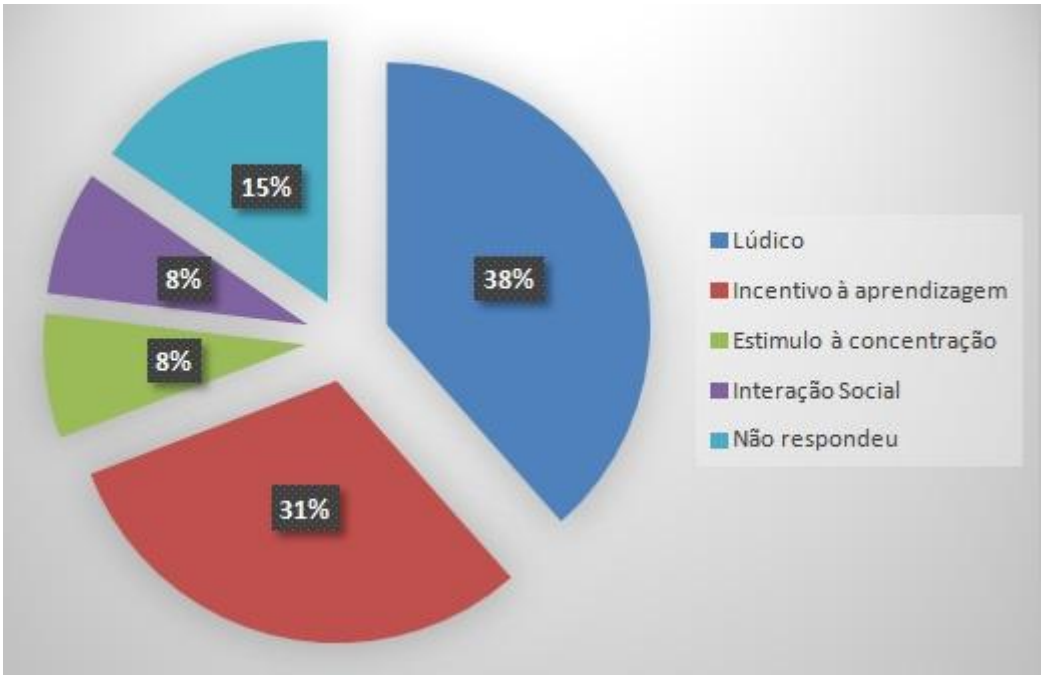

Figura 21: Análise da experiência pessoal dos estudantes com relação ao jogo.

Fonte: autora

Podemos observar na figura 18 acima que 38%, ou seja, 5 estudantes enfatizaram o caráter lúdico do jogo, enquanto que a abstenção foi de 15%, ou seja,2 estudantes não responderam a esta questão. Um estudante mencionou o estimulo à concentração proporcionada pelo jogo, representando 8% da amostra. Quatro estudantes enfatizaram ainda o caráter de incentivo à aprendizagem proporcionada por esta atividade, ou seja, 31%, dos estudantes participantes do processo de análise do jogo. Um dos estudantes mencionou também o caráter de interação social proporcionado pelo jogo, ou seja, 8% do total de estudantes consideraram este aspecto relevante.

A análise destas questões foi bastante satisfatória, no sentido de que o jogo Ludo da Fotossíntese apresentou as características necessárias a um jogo didático: teve boa aceitação, suscitou poucas sugestões de alteração (note-se que as sugestões foram levadas em consideração na reelaboração do jogo) e revelou-se viável como alternativa de material de ensino para o conteúdo Fotossíntese.

Esta turma tem suas aulas no período matutino, foram quatro aulas ministradas, sendo duas aulas na segunda feira, 20 de julho de 2015, e outras duas no sábado dia 25 de julho de 2015. O Colégio Pedro Stelmachuck de União da vitória não tem habitualmente aulas no sábado, sendo esta uma situação atípica. No ano de 2015 ocorreu uma greve de professores com paralisação de 29 dias letivos, após o retorno às aulas, os dias de reposição referente a esta greve ocorreram em sábados e em alguns casos em período de contra turno.

A implementação do jogo em sala de aula ocorreu num sábado, sendo estas aulas de reposição do período de greve, motivo pelo qual alunos que vêm do interior do município não puderam comparecer, pois aos sábados a prefeitura municipal de União da Vitória não disponibiliza ônibus para que os mesmos se desloquem até o colégio. Muitos estudantes não se dispõem a comparecer às aulas no sábado, e mesmo com essas limitações optamos por trabalhar com os 13 estudantes que compareceram na aula de sábado dia 25 de julho de 2015, até por uma questão de respeito aos estudantes que se dispuseram a participar da atividade.

Pode se considerar que este jogo foi apropriado à turma em que foi implementado e adequado à faixa etária. Quanto a seqüencia de atividades, creio que em uma situação ideal poderia ser alterada, iniciando pela experimentação e dedicando mais tempo para as explorações e argumentações. A aula expositiva

poderia ser substituída por pesquisa em livros e *sites*, o que aproximaria os estudantes da realidade dos pesquisadores. O jogo não foi considerado como instrumento de avaliação para auferir resultados ou notas, de modo que a avaliação da turma foi feita em outro momento, utilizando se os relatórios da atividade prática.
De modo geral podemos considerar que houve fatores limitantes para o desenvolvimento do trabalho, para as análises de dados o ideal seria trabalhar com a turma completa ou com duas turmas para que se pudessem comparar os dados obtidos, o que não foi possível devido a fatores externos, a greve dos professores e a posterior reposição de dias letivos dificultaram o agendamento das atividades junto ao Colégio Estadual Pedro Stelmachuck.

Quanto aos fatores positivos podemos elencar que os estudantes demonstraram interesse pelos estudos científicos, entusiasmo ao jogar, empatia com os demais colegas durante o jogo, espírito esportivo diante das dificuldades, desta forma consideramos que os fatores positivos quanto ao ensino foram satisfatórios. Demonstraram ainda ter interesse não só em jogar novamente como entusiasmo com a proposição de didáticas diferenciadas como alternativa ao ensino, além de ressaltar as condições de bem estar proporcionadas pelas atividades desenvolvidas.

Outro fator considerado positivo é o custo acessível do material. As cartas e o tabuleiro foram produzidos conforme descrição detalhada no item 4.2.1 e o valor do conjunto de 240 cartas foi de R$600,00, sendo a produção dos 4 tabuleiros no valor de R$ 60 reais. O Material didático Ludo da Fotossíntese produto deste mestrado pode ser confeccionado por professores que tenham interesse de fazê-lo para uso em sala de aula. Todas as imagens em formato adequado ao envio diretamente à gráfica estão disponíveis em anexo ao Manual de instruções do Jogo de Tabuleiro Ludo da Fotossíntese.

6. CONCLUSÃO

Ao analisar os objetivos do trabalho (Seção 1.3), percebe-se que:

1- Foi desenvolvido um jogo de tabuleiro para o ensino da Fotossíntese, que constitui o produto deste mestrado profissional.

2- Foram investigados aspectos da abordagem do tema Fotossíntese no Livro Didático Público (LDP), Programa Nacional do livro Didático (PNLD), documentos oficiais Leis de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB) e Diretriz Curricular Estadual de Biologia do Estado do Paraná (DCE/BIO- PR).

3- Foram elencados os livros de Biologia mais utilizados na rede pública estadual de educação, situada na área urbana do município de União da Vitória, para o primeiro ano do ensino médio (Seções 4.1 e 5.2). Foram identificados e comparados conceitos sobre Fotossíntese contidos em tais obras, analisando dados como adequação à série, clareza do texto, nível de atualização do texto e grau de coerência entre as informações apresentadas.

4- Esta dissertação, juntamente com seu produto, constitui material didático de apoio sobre o tema Fotossíntese com potencial de ser utilizado pelos professores de Biologia atuantes no primeiro ano do ensino médio.

5- O jogo Ludo da Fotossíntese foi produzido e utilizado em sala de aula com evidências de ter contribuído no processo de Alfabetização Científica.

Na aplicação do projeto, pudemos perceber que os alunos da primeira série do Ensino Médio estiveram envolvidos em todas as atividades propostas durante as aulas em que foi implementada a seqüencia didática, participaram das discussões e demonstraram grande interesse pela proposta. O discurso dos estudantes durante as atividades mostrou evolução, passando de simples observações chegando a abstrações e argumentações com coerência, demonstrando raciocínio lógico.

As habilidades de investigação nos surpreenderam, com questionamentos bastante pertinentes e os alunos externaram desejo de aprofundamento no conteúdo. Durante este processo,os estudantes demonstraram todos os indicadores reveladores da Alfabetização Cientifica, evidenciando que estão aptos a prosseguirem no processo de serem alfabetizados cientificamente, tornando-se cidadãos prontos para participar ativamente dos debates, compreendendo as

inovações cientificas e tecnológicas e as suas implicações na sociedade e no meio ambiente.

O desenvolvimento desse trabalho proporcionou-me grande satisfação pessoal, contribuindo para o aprimoramento profissional e também como experiência para a vida. Tive a oportunidade de conviver com professores atuantes na cidade de Curitiba e região, todos possuem formação específica em Ciências da Natureza, mas lecionam disciplinas diferentes no ensino médio, alguns são físicos, outros químicos, sendo a maioria biólogos. Estes exercem suas funções nas mais diversas escolas, públicas e particulares. A troca de experiências pessoais foi fundamental nesta caminhada, sendo este convívio uma influência positiva na elaboração e produção do material didático, possibilitando seu aperfeiçoamento.

A produção de materiais didáticos que incentivem o ensino e aprendizagem do saber científico é fundamental para que a Educação possa cumprir sua função social. Espero que os resultados aqui obtidos sirvam de apoio e incentivem novos trabalhos voltados ao desenvolvimento da Alfabetização Cientifica.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

ABRAMUNDO, Instituto – **ILF - Indicador de Letramento Científico Relatório técnico da edição 2014**. Disponível em: <http://www.institutoabramundo.org.br/publicacoes/indice-de-letramento-cientifico/> acesso em 06 dez. 2015.

AGUIAR, Inara. **Reações de transferência de elétrons fotoinduzidos em complexos binucleares; em direção da Fotossíntese artificial,** São Carlos: UFSCar, 2013. 159 p. Tese (doutorado) Universidade Federal de São Carlos, 2013. São Paulo, 2013.Disponível em: <http://www.bdtd.ufscar.br/htdocs/tedeSimplificado//tde_busca/arquivo.php?codArquivo=6165>. Acesso 24 out.2015.

ALVES, Rubem. **Gaiolas ou Asas A arte do vôo ou a busca da alegria de aprender.** Porto, Edições Asa, 2004.

BANDEIRA, Andreia; STANGE, Carlos E. B.; SANTOS, Júlio M. T. **Uma proposta para análise de livros didáticos de Ciências Naturais na educação Básica**, III SINET Simpósio Nacional de Ensino de Ciências e Tecnologia, Ponta Grossa, 2012.

BANDEIRA; Camila M, S, A; **FOTOSSÍNTESE:** ESTUDO DAS CONCEPÇÕES ALTERNATIVAS, TCC – S. P. Mackenzie, 2011

_____**A Fotossíntese:** estudo das concepções alternativas Photosynthesis: study of misconception ABRAPEC- Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, 2013. Disponível em: <http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/viiienpec/resumos/R0335-1.pdf>Acesso em 24 out. 2015.

BARDIN, Laurence; **Análise de Conteúdo**. Lisboa, Portugal; Edições 70, LDA, 2009.

BELLUCO, Alex; CARVALHO, Ana Maria P. **Uma proposta de sequência de ensino investigativa sobre quantidade de movimento, sua conservação e as leis de Newton**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 31, n. 1, p 30-59, 2014.

BRASIL, **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional**, Lei 9.394, Brasília: 1996. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9394.htm> acesso 27 de out.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. ***Parâmetros curriculares nacionais****:* ensino médio. Brasília: MEC/SEMTEC, 1999. 4v.

_____. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais + (PCN+) - Ciências da Natureza e suas Tecnologias**. Brasília: MEC, 2002.

_____. Ministério da Educação, SEB. **Orientações Curriculares para o Ensino Médio. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília: MEC, SEB, 2006.

_____. MEC. **Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias / Secretaria de Educação Básica**. DCNEM – Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, 135 p. (Orientações curriculares para o ensino médio; volume 2),2008.

_____. MEC. **Orientações Curriculares para o Ensino Médio**: Brasília: MEC/ SEMTEC, 2004.

_____.MEC. **Orientações Curriculares para o Ensino Médio. V. 1. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. DCNEM - Brasília. MEC/SEB, 2006.

_____ **Projeção da população do Brasil e das Unidades da Federação,** Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, Disponível em <http://www.ibge.gov.br/apps/populacao/projecao/> acesso 20 de out.

CASTRO, Paulo; C, KLUGE Ricardo, A.; LÁZARO E, D. **Manual de Fisiologia e prática.**Editora Agronômica, Ceres, 2005.

CHASSOT, Áttico. **Alfabetização Científica: uma possibilidade de inclusão social**. Universidade do Vale dos Sinos, 2003. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbedu/n22/n22a09.pdf >acesso em 24 out.2015.

_____**A Ciência através dos tempos**, S. P. Ed. Moderna, 2004.190 p.

_____ **Alfabetização Cientifica** – questões e desafios para a educação. 6ª edição revisada – Ijuí, 2014. 368 p.

CONCEIÇÃO, H. A. Sam, **CIÊNCIA CURIOSA**; Portal do *youtube*; Experimento da clorofila sob luz negra. Disponível em < https://www.youtube.com/watch?v=mg9SkpAH_NY > Acesso em 02/12/2015.

CREATIVECOMMONS. **Sobre as Licenças. *Creative Commons Attribution* 4.0 *International license*.** Disponível em: <http://creativecommons.org/licenses/>.

CUNHA, Márcia B. **Jogos no Ensino de Química:** Considerações teóricas para sua Utilização em sala de Aula. Química Nova na Escola, v. 34, p 92-98, 2012

DELIZOICOV, Demétrio; ANGOTTI, José A. PERNAMBUCO, Maria M. **Ensino de Ciências - fundamentos e métodos.** 3ª Ed. S. P. Cortez, 2009. 364 p.

DOIDGE, Norman. **O cérebro se transforma,** 4ª edição, Rio de Janeiro: Record, 2012.

DRIVER, Rosalind; ASOKO, Hilary; LEACH, John; MORTIMER, Eduardo; SCOTT, Philip.**Construindo conhecimento científico na sala de aula**. Química Nova na Escola, n. 9, maio 1999.

FERRI, Mario G. e vários autores; **Fisiologia Vegetal,** 2ª edição revisada, Editora Pedagógica e Universitária (EPU), SP 1985.

HALL, David O.; RAO, K. Krishnamurthy, **Fotossíntese, 2ª edição traduzida por Antônio Laberti** – São Paulo, EPU: 1980

HUIZINGA, Johan. **Homo ludens:** o jogo como elemento da cultura. São Paulo: Editora Perspectiva / EDUSP, 5ª edição, 2004.

KAWASAKI, Clarice S; BIZZO, Nélio M, V. Fotossíntese um Tema para o Ensino de Ciências? **Revista Química Nova na Escola,** nº12 novembro de 2000.

KRAUS, Jane E. O que é Fotossíntese? In: **Programa de Educação Continuada. Aperfeiçoamento de professores – Professor da educação básica II. Biologia**, 2005, p. 28-39.

KRASILCHIK, Myrian. **Prática de Ensino de Biologia- 4ª edição** – São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo,2005.

_____**O professor e o Currículo das Ciências**, São Paulo, EPU, 1987.

LINHARES, Sérgio; GEWANDSZNADJER, Fernando. **Biologia Hoje,** São Paulo, ed. Ática, 2010.

MARANDINO, Martha; SELLES, Sandra E. FERREIA, Márcia S. **Ensino de Biologia- histórias e práticas em diferentes espaços educativos.** S. P. Cortez, 2009 – Coleção Docência em Formação. Série Ensino Médio. 2015 p.

MENDONÇA, Vivian L. **Biologia: Ecologia, origem da vida e biologia celular, embriologia e histologia: vol. 1**, São Paulo, Ed. AJS, 2013.

MIRANDA, S. No **Fascínio do jogo, a alegria de aprender**. In: Ciência Hoje, v. 28, p. 64-66, 2001.

MIZUTANI, Thais T. **As dificuldades encontradas pelos professores e alunos no processo de ensino e aprendizagem de Ecologia em uma escola pública da cidade de São Paulo.** Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Presbiteriana Mackenzie. São Paulo, 2010. Disponível em:<http://www.mackenzie.br/fileadmin/Graduacao/CCBS/Cursos/Ciencias_Biologicas/1o_2012/Biblioteca_TCC_Lic/2010/2o_2010/THAIS_TIEMI_MIZUTANI.pdf> acesso em 24 out.10:05.

MONTENEGRO, Paulo. Instituto Paulo Montenegro (IPM) **- INAF (Índice de Analfabetismo Funcional)**;disponível em: <http://www.ipm.org.br/pt-br/programas/inaf/Paginas/default.aspx>Acesso em 20 out. 20:25.

MORTIMER, Eduardo F. Uma agenda para a pesquisa em educação em ciências. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, São Paulo, v. 2, n. 1, p.36-59, 2002.

NASCIMENTO, Barbara L.D;CABRAL, Luciana F.E.; SILVA, Diogo N.G.; ALMEIDA, Simone O.C.A. – BIODICAS: **Desenvolvimento e aplicação de um jogo didático para ensino médio**, Revista Ciências &Ideias, ISSN: 2176-1477, vol. 4 n. 1 – julho/2012.

OSORIO, Tereza C. **SER PROTAGONISTA: BIOLOGIA: Competências ENEM**: ensino médio, volume único, obra coletiva, Ed. S.M. 1ª ed. São Paulo, 2014

_____**SER PROTAGONISTA: BIOLOGIA: 1º** ano: ensino médio, obra coletiva, Ed. S.M. 2ª ed. São Paulo, 2014

PARANÁ. SEED Secretaria de Estado da Educação. Superintendência da Educação.**Diretrizes Curriculares de Biologia**. Curitiba, SEED/DEM, 2008.

_____, SEED Secretaria de Estado da Educação. Superintendência da Educação. **Introdução às Diretrizes Curriculares**, Curitiba. 2008.

_____. SEED Secretaria de Estado da Educação. Superintendência da Educação. **Diretrizes Curriculares de Biologia**, Curitiba, 2008.

PIAGET, Jean& INHELDER, Bärbel.**A função semiótica ou simbólica**. In: A psicologia da criança. Lisboa: Moraes, 1979.

_____. **O nascimento da inteligência na criança**. Rio de Janeiro: Zahar, 1982. Revista Brasileira De Educação, v. 12, n. 36, set/dez, 2007.

PIRES, Bárbara B.M; ALMEIDA, Lidiane A.; PORTO, Maria D. S. M.; **O que é produzido na Fotossíntese** - Revista Multidisciplinar de Ensino, Pesquisa, Extensão e Cultura do Instituto de Aplicação Fernando Rodrigues da Silveira (Cap-UERJ) v. 2, nº 3, junho de 2013. Disponível em <http://www.e-publicacoes.uerj.br/index. php/e-mosaicos/article/view/8835/6717> acesso em 24 out. 15:17

PRADO, Carlos H. e colaboradores; **Fisiologia Vegetal: práticas em relações hídricas, Fotossíntese e nutrição mineral**, Ed. Manole, Barueri, 2006.

RAVEN, Peter H. **Fotossíntese, luz e vida**. In: RAVEN, Peter H., EVERT, Ray F. e EICHHORN, Susan E. **Biologia vegetal.** 7ª ed. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan. 2007. p. 125-151.

_____H. Peter; EVERT, Ray F.; EICHHORN, Susan E. 1996. **Biologia Vegetal**. 5ª ed. Rio de Janeiro, Ed. Guanabara Koogan.

_____ H.Peter; EVERT, Ray F.; EICHHORN, Susan E. 2008. **Biologia Vegetal**. 7ª ed. Rio de Janeiro, Ed. Guanabara Koogan.

_____ H.Peter; EVERT, Ray F.; EICHHORN, Susan E. 2014. **Biologia Vegetal**. 8ª ed. Rio de Janeiro, Ed. Guanabara Koogan.

SALVADOR, Carlos A. **Análise da conjuntura agropecuária – safra 2011/12** Secretaria da Agricultura e do abastecimento- Departamento de Economia Rural, outubro de 2011.

SARTIN, Rodolph D.; MESQUITA, Camila B.; SILVA, Elienai C.; FONSECA, Fabíola S.R.; **Análise do conteúdo de botânica no livro didático e a formação de professores**. IVENEBIO e IIEREBIO da regional 4, SBEnBio – Associação Brasileira de Ensino de Biologia, Goiania, 18 a 21 de setembro de 2012.

SASSERON, Lúcia H. **Alfabetização científica no ensino fundamental:** estrutura e indicadores deste processo em sala de aula. 2008. 261f. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

_____. **O ensino de ciências para a alfabetização científica:** analisando o processo por meio de argumentações em sala de aula. In: NASCIMENTO, S. S.; PLANTIN, C. (Org.). Argumentação e ensino de ciências. Curitiba: CRV, 2009. p. 139-164.

SASSERON, Lúcia H.; CARVALHO, Ana Maria P. **Almejando a alfabetização científica no ensino fundamental:** a proposição e a procura de indicadores do processo. Investigações em Ensino de Ciências, Porto Alegre, v. 13, n. 3, p. 333-352, 2008.

SOARES, Marlon H. F. B.; **O Lúdico em Química:** Jogos e atividades aplicados ao ensino de química. Universidade Federal de São Carlos, Tese de Doutorado, 2004. Disponível em:

<http://www.bdtd.ufscar.br/htdocs/tedeSimplificado/tde_arquivos/18/TDE-2012-02-14T162358Z-4173/Publico/4088.pdf> acesso 24 out.2015 15:15

SOUZA, Sinval F.; PATROCÍNIO, Antonio O. **A química de coordenação e a produção de combustíveis solares**. Química Nova, v. 37, n.5, 886-895, 2014.

SOUZA, Vitor F. M.; SASSERON, Lucia H.**As interações discursivas no ensino de física: a promoção da discussão pelo professor e a alfabetização científica dos alunos**. Ciênc. Educ. (Bauru) [online], v.18, n.3, p. 593-611, 2012.

TAIZ, Lyncoln e ZEIGER, Eduardo; **Fotossíntese:** as reações luminosas. In: TAIZ, L. e ZEIGER, E.**Fisiologia Vegetal.** 4ª ed. Porto Alegre: Editora Artmed. 2009. p. 147-181.

_____, Lyncoln e ZEIGER, Eduardo; **Fotossíntese:** reações de carboxilação. In: TAIZ, L. e ZEIGER, E.**Fisiologia Vegetal.** 4ªed. Porto Alegre: Editora Artmed. 2009. p. 182-219.

_____, Lyncoln e ZEIGER, Eduardo **Fotossíntese:** considerações fisiológicas e ecológicas. In: TAIZ, L. eZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal.** 4ª ed. Porto Alegre: Editora Artmed. 2009 p. 220-243.

VASCONCELOS, Simão D.; SOUTO, Emanuel.**O livro didático no ensino de ciências no ensino fundamental – proposta de critérios para análise de conteúdo zoológico** – Ciência & Educação, v.9. n.1, p. 93-104, 2003.

APÊNDICE

Modelo do questionário usado para avaliar o jogo.

A.

QUESTIONÁRIO:

01- Você gostaria de jogar novamente este jogo? ☐ Sim ☐ Não

02- O que você achou sobre o tempo do jogo? ☐ Rápido ☐ Suficiente ☐ Demorado

03- Você gostou do jogo? ☐ Sim ☐ Não ☐ Mais ou menos

04- Você modificaria algo no jogo? Comente: _____

_____

05- Como classificaria o jogo: ☐ Fácil ☐ Médio ☐ Difícil

06- O que você aprendeu com o jogo? _____

_____

07- As regras foram claras? ☐ Sim ☐ Não

08- O que você achou do formato do jogo? ☐ Claro ☐ Confuso

Fonte: NASCIMENTO, Barbara L. D; CABRAL, Luciana F.E.; SILVA, Diogo N.G.; ALMEIDA, Simone O.C.A. – BIODICAS: **Desenvolvimento e aplicação de um jogo didático para ensino médio**, Revista Ciências & Ideias, ISSN: 2176-1477, vol. 4 n. 1 – julho/2012. Anexo adaptado.

B. “Escreva um pouco mais sobre a experiência de jogar este jogo. Você gostaria de que houvesse mais atividades deste tipo na escola? Justifique"

_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____