



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE FÍSICA GLEB WATAGHIN PROGRAMA
DE PÓS-GRADUAÇÃO MULTIUNIDADE EM ENSINO
DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA

BRUNA RICCI DE BRITO

**UNIDADES DE ENSINO POTENCIALMENTE
SIGNIFICATIVAS: UM ESTUDO DE CASO SOBRE O TEMA
CÉLULA**

*POTENTIALLY MEANINGFUL TEACHING UNIT: A
CASE STUDY OF THE CELL*

CAMPINAS

2021

BRUNA RICCI DE BRITO

**UNIDADES DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVAS: UM ESTUDO DE
CASO SOBRE O TEMA CÉLULA**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação Multiunidades em Ensino de Ciências e Matemática - PECIM, da Universidade Estadual de Campinas, como parte dos requisitos exigidos para a obtenção do título de Doutora em Ensino de Ciências e Matemática, na Área de Ensino de Ciências e Matemática.

Orientadora: Profa. Dra. Maria José Fontana Gebara

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE À
VERSÃO DA DEFESA DA TESE DE
DOUTORADO DEFENDIDA PELA DA ALUNA
BRUNA RICCI DE BRITO E ORIENTADA PELA
PROFESSORA DRA. MARIA JOSÉ FONTANA
GEBARA.

CAMPINAS

2021

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas
Biblioteca do Instituto de Física Gleb Wataghin
Lucimeire de Oliveira Silva da Rocha - CRB 8/9174

B777u Brito, Bruna Ricci de, 1986-
Unidades de ensino potencialmente significativas : um estudo de caso sobre o tema célula / Bruna Ricci de Brito. – Campinas, SP : [s.n.], 2021.

Orientador: Maria José Fontana Gebara.
Tese (doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Física Gleb Wataghin.

1. Aprendizagem significativa. 2. Biologia - Estudo e ensino. 3. Células. I. Gebara, Maria José Fontana, 1959-. II. Universidade Estadual de Campinas Instituto de Física Gleb Wataghin. III. Título.

Informações para Biblioteca Digital

Título em outro idioma: Potentially meaningful teaching unit : a case study of the cell

Palavras-chave em inglês:

Meaningful learning

Biology - Study and teaching

Cells

Área de concentração: Ensino de Ciências e Matemática

Titulação: Doutora em Ensino de Ciências e Matemática

Banca examinadora:

Maria José Fontana Gebara

Fernanda Keila Marinho da Silva

Rosa Aparecida Pinheiro

Noemi Sutil

Eduardo Galembeck

Adriana Vitorino Rossi

Data de defesa: 04-11-2021

Programa de Pós-Graduação: Multiunidades em Ensino de Ciências e Matemática

Identificação e informações acadêmicas do(a) aluno(a)

- ORCID do autor: <https://orcid.org/0000-0001-9278-2908>

- Currículo Lattes do autor: <http://lattes.cnpq.br/6686443634490179>

Data da defesa 04/11/2021

COMISSÃO EXAMINADORA

Profa. Dra. Maria José Fontana Gebara
Presidente da Comissão Examinadora

Profa. Dra. Adriana Vitorino Rossi– IQ/UNICAMP

Prof. Dr. Eduardo Galembeck – IB/UNICAMP

Profa. Dra. Fernanda Keila Marinho da Silva – DFQM/UFSCAR

Profa. Dra. Noemi Sutil – UTFPR

Profa. Dra. Rosa Aparecida Pinheiro PPGED/UFSCAR

Ata de Defesa, com as respectivas assinaturas dos membros da Comissão Examinadora encontra-se no SIGA/Sistema de Fluxo de Dissertações/Tese e na Secretaria do Programa da Unidade.

**Para José e Heloísa por mostrarem todos os dias o real sentido da existência.
À todos os professores da rede pública que ousam fazer a diferença seguindo com sua
formação acadêmica.**

Agradecimentos

Gostaria de expressar minha profunda gratidão a todos os professores e profissionais que integram o Programa de Pós-Graduação Multiunidades em Ensino de Ciências e Matemática por todas as experiências vivenciadas que fomentaram minha formação pessoal e profissional. Agradeço por idealizarem um programa de pós-graduação especialmente destinado a professores em exercício, garantindo a especificidade de nossas demandas e anseios.

Ao meu esposo José, agradeço pelo constante incentivo a continuidade dos estudos, pelo apoio, compreensão e paciência em todos os momentos e caminhos que levaram a finalização desta tese. Muito obrigada por mostrar-se um verdadeiro companheiro de jornada e progresso.

À minha filha Heloísa, nascida em meio a uma pandemia e ao término do doutorado, agradeço por soprar um fôlego de vida em meio ao caos em que vivemos.

À profa. Maria Gebara que, muito além de suas funções acadêmicas como orientadora, atuou com um notório exemplo de cumplicidade, integridade, generosidade e empenho em não permitir que eu desistisse de tudo quando estava prestes a pedir o desligamento do programa. Muito obrigada por acreditar que por baixo dos frangalhos havia uma fagulha de esperança e por ter estendido a mão naqueles momentos que mais precisei. Muito obrigada pelos puxões de orelha, pelas conversas francas e sinceras e por ter tanta paciência comigo. Não foi apenas uma orientadora mas sim uma verdadeira mãe acadêmica que não desampara na necessidade.

RESUMO

BRITO, B.R. **Unidades de ensino potencialmente significativas**: um estudo de caso sobre o tema célula. 182f. 2021. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação Multiunidades em Ensino de Ciências e Matemática, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2021.

Conceitos relativos ao tema Célula são importantes para o desenvolvimento do pensamento e da compreensão das características morfofisiológicas dos seres vivos. Muito embora esta temática seja vital para o entendimento da vida biológica, diversos fatores podem atuar como obstáculos ao processo aprendizagem, tais como a inexistência de subsunçores. Dessa forma, e segundo a Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel, delineamos uma pesquisa qualitativa, do tipo Estudo de Caso, para responder à seguinte questão: A elaboração de Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS) a partir dos conhecimentos prévios dos alunos pode contribuir com a aquisição significativa de conhecimentos científicos relativos ao tema Célula? O objetivo principal foi investigar os limites e as contribuições da utilização de UEPS na aquisição e retenção de conceitos científicos. Para isso, 62 alunos da segunda série do Ensino Médio de uma escola pública estadual do interior do Estado de São Paulo foram convidados a participar de atividades de ensino sobre o tema Célula organizadas nessa modalidade de sequências didáticas. Os dados foram coletados a partir de dois questionários, constituídos por questões abertas e fechadas, que foram aplicados em três momentos distintos. A primeira aplicação foi realizada antes da elaboração das UEPS e teve por finalidade identificar os conhecimentos prévios dos estudantes que participaram da pesquisa. Imediatamente após a finalização das atividades de ensino, os questionários foram novamente aplicados com o intuito de verificar a aquisição significativa de conhecimentos sobre o tema Célula. Finalmente, após três meses, a terceira aplicação verificou a retenção desses conhecimentos na estrutura cognitiva dos estudantes. Os dados foram analisados à luz da Teoria da Aprendizagem Significativa através da metodologia de Análise de Conteúdo. A análise dos resultados demonstrou aquisição conceitual significativa e estabilidade dos conceitos na estrutura cognitiva da maioria dos estudantes participantes, fato este importante e necessário para a compreensão da lógica explicativa do funcionamento da estrutura celular. Isso propicia o entendimento dos fenômenos biológicos que regem a dinâmica da vida neste planeta. Em complementariedade, acreditamos que nossos resultados possam contribuir para a área de Ensino de Ciências, sendo um material que pode vir a subsidiar a prática docente, em especial daqueles integrantes da rede básica de ensino.

Palavras-chave: Aprendizagem significativa; Ensino de Biologia; Unidades de Ensino Potencialmente Significativas; Célula.

ABSTRACT

BRITO, B.R. **Potentially meaningful teaching unit: a case study of the cell.** 182p. 2021. Tese (doutorado) – Programa de Pós-Graduação Multiunidades em Ensino de Ciências e Matemática, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2021.

Concepts related to the main subject Cells are important to the development of thought and the comprehension of morphophysiological characteristics of living beings. Even though this subject is vital to the comprehension of biological life, many factors may act as obstacles during learning process, like the lack of subsumers. So, according to David Ausubel's Meaningful Learning Theory, we draw qualitative research, such as a Case Study, to answer the question: Can the elaboration of Potentially Meaningful Teaching Units (PMTU) based on prior students' knowledge contribute to meaningful scientific knowledge acquisition about Cells? The main objective was to search the limits and the contributions about the use of PMTU's in acquisition and retention of the Scientific concepts. For this study, 62 high school sophomores from a public school located in São Paulo state were called to do activities about Cells organized in this didactic sequences modality. The data were collected from 2 questionnaires, with open and closed questions, which were applied in 3 different moments. The first application has been realized before the PMTU construction and its objective was to identify students' prior knowledge who participated of the search. Right after the end of the teaching activities, the questionnaires had been applied again with the objective of checking the meaningful knowledge acquisition about the subject Cells. Finally, three months later, the third test application has checked the retention of these knowledge in Students' cognitive structure. The data were analyzed based on David Ausubel's Meaningful Learning Theory through the content analysis methodology. The analysis of the results has shown meaningful concept acquisition and stability of concepts in the cognitive structure in most students who have participated, this fact is important and necessary to the understanding of the explanatory logic of the functioning of the cell structure. It provides an understanding of the biological phenomena that govern the dynamics of life on this planet. Complementarily, we believe that our results can contribute to the Science Teaching area, being a material that can come to subsidize the teaching practice, especially for those members of the basic education network.

KEYWORDS: Meaningful Learning; Biology teaching; Potentially Meaningful Teaching Units; Cell.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Processo de incorporação de um novo conceito na estrutura cognitiva...	63
Figura 2: Processo de aprendizagem significativa subordinada.....	66
Figura 3: representação da aprendizagem significativa subordinada.....	70
Figura 4: Processo de obliteração... ..	79
Figura 5: Primeiro questionário aplicado.....	92
Figura 6: Segundo questionário aplicado.....	93

LISTA DE IMAGENS

Imagem 1: caracterização da unidade escolar.....	90
Imagem 2: Produções dos alunos A5 e A43, respectivamente... ..	106
Imagem 3: Produções dos alunos A28 e A52, respectivamente... ..	107
Imagem 4: Produções dos alunos A50 e A20, respectivamente... ..	108
Imagem 5: Alunos realizando o experimento.	131
Imagem 6: Resultados do experimento... ..	131

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Evolução da situação mundial e impactos no ensino de Ciências.....	22
Quadro 2: Distribuição dos temas por bimestre e série.....	95

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Distribuição do padrão de respostas dos alunos a questão 1.....	103
Tabela 2: Distribuição quantitativa das produções discentes nas categorias estabelecidas.....	108
Tabela 3: Categorização das respostas obtidas na Questão 9	113
Tabela 4: Categorização das respostas obtidas referentes às questões 2, 3 e 4 do Questionário 2	115
Tabela 5: Categorização das respostas obtidas com a Questão 7.....	118
Tabela 6: categorização das respostas obtidas na questão 05.....	120
Tabela 7: Categorização das respostas obtidas para a Questão 08	122
Tabela 8: Categorização das respostas referentes à questão 06	123
Tabela 9: Categorização das respostas dos alunos referentes à questão <i>Você já ouviu falar sobre as “células”? Em caso afirmativo, onde você ouviu falar?</i>	133
Tabela 10: Distribuição das respostas obtidas no Questionário 1	134
Tabela 11: Categorização das respostas dos alunos referentes à questão: <i>Para você, os seres vivos possuem células? Você acredita que haja relação entre a presença de células e a vida? Justifique sua resposta</i>	136
Tabela 12: Categorização das respostas referentes ao que consideram como portadores de células.....	139
Tabela 13: Categorização das respostas dos alunos referentes à questão: <i>Quais são as funções de uma célula? Em outras palavras, para que serve uma célula</i>	141
Tabela 14: Categorização das respostas dos alunos referentes à questão: <i>Uma casa, basicamente, é formada por tijolos, cimento, telhas, portas e janelas. No caso das células, do que elas são formadas?</i>	142
Tabela 15: Categorização das respostas obtidas na questão: <i>Para você, as células são todas iguais, ou seja, apresentam sempre a mesma forma e o mesmo aspecto físico? Justifique sua resposta</i>	144
Tabela 16: Categorização das respostas obtidas na questão 5.....	145

SUMÁRIO

Introdução.....	15
Capítulo 1.....	19
1. O Ensino de Biologia na Educação Básica brasileira.....	19
1.1. Origens da disciplina de Biologia no ensino brasileiro.....	23
1.2. <i>Biological Science Curriculum Studies</i> no Brasil.....	28
1.3. A disciplina Biologia nas décadas de 1970 e 1980.....	33
1.4. Impactos da LDB/1996 e dos Parâmetros Curriculares no ensino de Biologia.....	39
Capítulo 2.....	51
2. Conceitos e princípios da Teoria da Aprendizagem Significativa.....	51
2.1. Uma breve retrospectiva da vida e da obra de David Ausubel.....	51
2.2. Apresentação da teoria da assimilação da aprendizagem e da retenção significativas.....	53
2.2.1. Saberes e Concepções.....	58
2.2.2. Fatores necessários para que ocorra a aprendizagem significativa.....	62
2.2.3 Influência da linguagem no processo de aprendizagem significativa.....	66
2.2.4. Tipos e formas de Aprendizagem Significativa.....	69
2.2.5. Aprendizagem Significativa e Aprendizagem por Memorização.....	75
2.2.6. O esquecimento faz parte do processo de aprendizagem....	77
2.3. Aprendizagem significativa aplicada ao ensino do conceito de célula... ..	81
Capítulo 3.....	85
3. Abordagens Metodológicas.....	86
3.1. Caracterização da unidade escolar e dos sujeitos de pesquisa... ..	89
3.2. Questionários utilizados como ferramentas para o levantamento dos conhecimentos prévios.....	91
3.3. Estruturação das Unidades de Ensino Potencialmente	

Significativas.....	94
3.4. Metodologia de análise dos dados.....	97
Capítulo 4.....	101
4. Resultados e Discussões.....	101
4.1. A primeira aplicação dos questionários.....	101
4.2. Síntese dos resultados obtidos com a primeira aplicação dos questionários: levantamento dos conhecimentos prévios deste grupo amostral...	125
4.3. O processo de construção da UEPS.....	128
4.3.1. Obstáculos.....	127
4.3.2. Implementação das UEPS.....	129
4.4. Aplicações dos questionários após a vivência das UEPS... ..	132
4.5 Síntese dos resultados obtidos... ..	145
Capítulo 5.....	148
5. Conclusões.....	148
Referências Bibliográficas.....	153
Apêndice A.....	171
Apêndice B.....	178

Introdução

Inerente à espécie humana, o ato de educar e transmitir conhecimentos às gerações seguintes se faz de formas distintas, adequando-se às demandas e contextos de uma determinada população. Segundo Brandão (1981), a educação ocorre, primeiramente, como um inventário amplo de relações interpessoais no núcleo familiar, formando uma rede de troca de saberes entre os indivíduos aparentados sendo acrescida posteriormente a relação de não aparentados, como educadores-educandos.

Porém, inicialmente, o processo educacional e a transmissão de conhecimentos estivessem intimamente ligados à rotina de nossos antepassados, contemplando, por exemplo, seus afazeres rotineiros, com o avanço da civilização e, conseqüentemente, aumento da quantidade de saberes produzidos, surgiu a necessidade da criação de espaços e momentos exclusivamente dedicados à instrução das pessoas. Tais espaços, conhecidos como “escola”, originaram-se na Grécia antiga como esclarece Saviani (2016).

Muito embora o conceito de Educação tenha se diversificado ao longo da história, adequando-se aos contextos sociais, este apresenta como uma de suas finalidades capacitar o ser humano em formação, dando a ele múltiplas possibilidades de compreensão dos signos e significados necessários para interação com os demais indivíduos e capacitando-o para exercer funções sociais tais como o trabalho.

No Brasil, ao longo das décadas, verifica-se um progressivo aumento ao acesso à educação formal, conforme revelam os dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2019). Através destes dados, percebe-se que alguns estudantes concluem a educação básica carregando consigo concepções e ideias que estão em desacordo com os conhecimentos científicos vigentes. Estas concepções são arraigadas no senso comum e nas tradições populares passadas de geração a geração, porém estas, que são imprescindíveis para a manutenção da identidade, dos costumes e crenças dos povos, podem vir a tornar-se obstáculos à aquisição e compreensão de conceitos científicos.

Inúmeros são os trabalhos apresentados pela comunidade científica evidenciando os percalços enfrentados em sala de aula no tocante às dificuldades de aprendizagem atreladas à aquisição de conceitos que estejam em acordo com o conhecimento científico vigente (POSNER *et al.* 1982; MORTIMER, 1992; MORTIMER, 1996; ARRUDA e VILLANI, 1994; GRAVINA, 1994; OLIVEIRA, 2005;

LEÃO, 2015). Tal vertente de investigação norteou nossas pesquisas.

Em estudos anteriores (BRITO, 2015), constatamos que o desempenho dos alunos, em questões de Biologia que envolviam os temas de Biologia Celular e Genética presentes no Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM), estava muito abaixo do esperado para estudantes em vias de concluir a educação básica. Tal fato nos fez refletir sobre os possíveis fatores que atuam como obstáculos à aprendizagem destes temas e as possibilidades reais de atuação docente que poderiam ser implementadas para mitigar esta situação.

Movidas pela inquietude dessas constatações e pelo anseio em promover intervenções que pudessem contribuir para um ensino significativo de conceitos científicos, nos dedicamos a pensar e elaborar estratégias didáticas aplicáveis em sala de aula, com o objetivo de fomentar a aquisição e a retenção significativa dos conceitos necessários para a educação científica.

A escola tem como um de seus objetivos propiciar o entendimento das relações entre os sujeitos e os objetos de conhecimento, revelando os possíveis obstáculos e dificuldades que permeiam o aprender. Neste ambiente, é possível realizar intervenções diretas com os sujeitos que aprendem, de forma a promover vivências que, potencialmente, possibilitem uma aprendizagem significativa. Como professora de Biologia da educação básica tenho a oportunidade de explorar e investigar diretamente o ambiente onde as situações de ensino e aprendizagem da educação formal são estabelecidas.

Dentre os inúmeros fatores que podem atuar como obstáculos ao processo de aquisição conceitual destaca-se o embate entre os conhecimentos prévios apresentados pelos alunos, muitas vezes permeados por concepções alternativas, e os conceitos científicos. Muito embora tais conhecimentos interfiram na aprendizagem, pois podem atuar como barreiras que impedem a aquisição de conceitos, via de regra não são considerados na rotina de sala de aula. Assim, ao introduzir um novo conteúdo, há um embate entre aquilo que o aluno já sabe e o conhecimento científico, o que pode vir a gerar resistências e um não aprendizado. Desta forma, o levantamento dos conhecimentos prévios torna-se relevante para a promoção de uma aprendizagem significativa.

Em complementaridade, para compreender os problemas que permeiam a aprendizagem de conceitos científicos faz-se necessária a compreensão dos mecanismos que envolvem essa aprendizagem na mente humana, como esses novos conceitos são adquiridos e internalizados na estrutura cognitiva e como tais conceitos

se relacionam com aqueles previamente existentes. Tendo em vista estas indagações, o psicólogo David Ausubel dedicou-se a elucidar os mecanismos pelos quais a mente humana é capaz de aprender e, dentre sua vasta produção acadêmica, propôs a Teoria da Aprendizagem Significativa (AUSUBEL, 2003), que figura como possível horizonte capaz de auxiliar na promoção de uma aprendizagem significativa de conceitos científicos.

A metodologia de ensino empregada em sala de aula é um dos fatores que interferem ativamente no processo de aprendizagem, e devido às dificuldades enfrentadas no dia a dia, muitos professores recorrem ao método expositivo, tradicional, centrado na figura do docente que explana o conteúdo aos seus alunos silenciados. Como professora da educação básica e, simultaneamente, aluna de um programa de pós-graduação da UNICAMP, muitas vezes vivenciei um enorme conflito para conciliar os saberes adquiridos na academia e romper com as práticas pedagógicas reais, que efetivamente ocorrem na sala de aula.

Em meio a estas angústias, questionamentos e embates, o aprofundamento na Teoria da Aprendizagem Significativa apontou caminhos no sentido de auxiliar no processo de ensino aprendizagem diretamente na sala de aula. Especialmente, considerando as palavras de Ausubel (1968),

Se eu tivesse que reduzir toda a psicologia educacional a um único princípio, diria isto: o fato isolado mais importante que informação na aprendizagem é aquilo que o aprendiz já conhece. Descubra o que ele sabe e baseie isso os seus ensinamentos. (AUSUBEL, 1968, p. 31)

Um dos caminhos para se alcançar a aprendizagem significativa consiste na elaboração de Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS) que, segundo Moreira (2001), podem ser definidas como sequências de ensino fundamentadas na TAS.

Tendo em vista as dificuldades enfrentadas em sala de aula e a possibilidade de promover a aprendizagem significativa através da implantação de UEPS, voltamos nosso olhar para o currículo de Biologia presente na Proposta Curricular do Estado de São Paulo vigente em 2017. A partir deste documento, selecionamos o conceito de Célula como tema central para a formulação das UEPS. Este é a base da Teoria Celular, sendo fundamental para a compreensão dos demais conceitos presentes no currículo paulista da disciplina de Biologia.

Por se tratar de um conceito que alicerça a compreensão de diversos temas trabalhados por essa disciplina, elaboramos três UEPS buscando responder à seguinte questão: *A estruturação do ensino do tema Célula em Unidades de Ensino*

Potencialmente Significativas a partir dos conhecimentos prévios dos alunos pode contribuir com a aquisição significativa de conhecimentos científicos? Partimos da hipótese de que UEPS estruturadas a partir dos conhecimentos prévios dos alunos propiciarão a aquisição e retenção significativa dos conceitos científicos.

Para responder a este questionamento, estabelecemos como objetivo geral analisar os limites e as contribuições da utilização do conhecimento prévio dos alunos para construção de UEPS com o intuito de promover a aprendizagem significativa do conceito de célula. Para tanto, faz-se necessária uma revisão teórica da Teoria da Aprendizagem Significativa proposta por David Ausubel para fundamentar as análises relativas ao processo de aprendizagem do conceito. Adicionalmente, o conceito de Célula integra o campo de conhecimentos que a disciplina biologia aborda em sala de aula, sendo necessário compreender não apenas o espaço ocupado por esta no currículo escolar e sua importância para a formação dos cidadãos, como também a própria constituição da Biologia enquanto disciplina escolar. A partir destas análises, sugerimos possíveis caminhos que facilitem a aprendizagem significativa de conceitos científicos, em especial o conceito de célula.

Dessa forma, no Capítulo 1, apresentamos uma breve retrospectiva da constituição da disciplina Biologia no currículo brasileiro, demarcando seu espaço como campo do conhecimento também destinado ao estudo escolar. O Capítulo 2 discorre sobre a trajetória de David Ausubel, os principais pontos da Teoria da Aprendizagem Significativa e a aplicação desta ao ensino do tema célula. No Capítulo 3, são apresentadas as abordagens metodológicas utilizadas neste doutorado, o processo de categorização das respostas obtidas nos questionários avaliativos e a estrutura das Unidades de Ensino Potencialmente Significativa elaboradas e aplicadas com os sujeitos da pesquisa. Dedicamos o Capítulo 4 para apresentação e discussão dos resultados obtidos, bem como sua integração com os referenciais teóricos e implicações para o ensino. Por fim, no Capítulo 5 apresentamos nossas conclusões sobre os resultados obtidos em diálogo com os referenciais teóricos.

Capítulo 1

1. O ENSINO DE BIOLOGIA NA EDUCAÇÃO BÁSICA BRASILEIRA

Numa sociedade em que se convive com a supervalorização do conhecimento científico e com a crescente intervenção da tecnologia no dia-a-dia, não é possível pensar na formação de um cidadão crítico à margem do saber científico. Mostrar a Ciência como um conhecimento que colabora para a compreensão do mundo e suas transformações, para reconhecer o homem como parte do universo e como indivíduo, é a meta que se propõe para o ensino da área na escola fundamental. A apropriação de seus conceitos e procedimentos pode contribuir para o questionamento do que se vê e ouve, para a ampliação das explicações acerca dos fenômenos da natureza, para a compreensão e valoração dos modos de intervir na natureza e de utilizar seus recursos, para a compreensão dos recursos tecnológicos que realizam essas mediações, para a reflexão sobre questões éticas implícitas nas relações entre Ciência, Sociedade e Tecnologia. (BRASIL, 1998a, p. 21-22)

Apesar da citação que abre este capítulo ter sido publicada nos Parâmetros Curriculares Nacionais há mais de 20 anos, muitos percalços ainda permeiam a concretização de uma prática de ensino que propicie a formação de um cidadão capaz de compreender a Ciência como uma vertente do conhecimento humano e que é parte da vida das pessoas em todos os campos da civilização.

No percurso da história humana, os saberes produzidos foram acumulados e compartilhados entre os membros de uma sociedade. Uma das possibilidades recentes de compartilhamento destes saberes ocorre em ambiente escolar. Com relação à escola, Sousa Junior, Santiago e Tavares (2011) definem:

A Escola, entendida como uma instituição social, responsabiliza-se por contribuir com a educação de homens e mulheres, crianças, jovens ou adultos. Sua educação diferencia-se da familiar, da sindical, da partidária, da religiosa etc., podendo, talvez até devendo, refletir e interagir com essas modalidades educacionais, sem perder de vista o que lhe é específico, ou seja, favorecer seus sujeitos numa reflexão sistematizada, periódica, paulatina e contínua acerca dos conhecimentos produzidos pela humanidade, de forma a procurar superar a aleatoriedade, o acaso, o senso comum nas aprendizagens. (SOUZA JÚNIOR, SANTIAGO, TAVARES, 2011, p.184)

Ressaltando a importância das escolas no contexto social, Young (2007) comenta que estas emergiram, historicamente, em tempos e sociedades diferentes, como instituições que tinham o objetivo específico disseminar

conhecimento não disponível em casa ou no seu cotidiano. Para este autor, caso as escolas não existissem, as sociedades permaneceriam praticamente inalteradas durante séculos. Young (2007) destaca também que o acesso à educação formal, ou seja, o acesso à escolaridade, envolve o contato com conhecimento especializado incluído em diferentes domínios.

Para Nardi e Almeida (2007), a escola possibilita a disseminação de procedimentos, de resultados e de ideologias próprias do fazer científico, tendo um papel relevante na disseminação do conhecimento por promover o ensino de ciências, contribuindo na formação de novos cientistas e na difusão das produções científicas e integrando-as à sociedade.

Todo projeto social de ensino e aprendizagem se constitui com a identificação e com a designação de conteúdos de saberes como conteúdos a serem ensinados, ou seja, os saberes elencados em um determinado tempo e contexto histórico para estarem presentes nos currículos escolares e serem ensinados na educação formal. Sousa Junior, Santiago e Tavares (2011) ressaltam que os saberes escolares se constituem num processo de seleção, organização e sistematização do conhecimento, mesmo sabendo que este se dá de forma contínua e dialética.

O termo currículo advém da palavra latina *scurrere*, que pode ser traduzida como correr, referindo-se ao curso a ser seguido, mais especificamente a ser apresentado (GOODSON, 1997). O currículo escolar é um artefato social, concebido para realizar determinados objetivos humanos específicos, sendo o currículo escrito um testemunho público e visível das racionalidades escolhidas e da retórica legitimadora das práticas escolares (GOODSON, 1997).

Na atualidade, num sentido mais corrente, o currículo passa a ser compreendido como um conjunto daquilo que se ensina e daquilo que se aprende, tendo como referência alguma ordem de progressão, podendo referir-se para além do que está escrito/prescrito oficialmente (FORQUIN, 1996 apud SOUSA JUNIOR, GALVÃO, 2005). Enfim, o currículo amplia o significado de organização disciplinar, do sentido de regras de conduta, para o sentido de organização disciplinar, compreendendo objetos, partes e matérias do ensino (SOUSA JUNIOR, GALVÃO, 2005).

Com relação às disciplinas escolares, consideramos nesta pesquisa a definição proposta por Lopes e Macedo (2011):

O conteúdo a ser ensinado na escola, também denominado conhecimento ou matéria escolar, pode ser organizado para fins de ensino de diferentes

maneiras. (...)

Estamos considerando como organização disciplinar uma tecnologia de organização e controle de saberes, sujeitos, espaços e tempos em uma escola. Trata-se de uma sistemática de organização do trabalho pedagógico que se expressa em um quadro de horário, no qual temos um professor designado para uma turma, em um dado horário e em um determinado espaço, para ministrar um conjunto de conteúdos previamente definidos no currículo. (LOPES, MACEDO, 2011, p.107)

As disciplinas escolares figuram como amálgamas mutáveis de subgrupos e tradições sendo construídas social e politicamente nas instituições escolares para atender as finalidades sociais da educação (LOPES, MACEDO, 2011). A disciplina escolar é construída social e politicamente e os atores envolvidos empregam uma gama de recursos ideológicos e materiais para levarem a cabo as suas missões individuais e coletivas (GOODSON, 1997). A constituição dos saberes escolares específicos a cada disciplina é resultado de um processo que envolve consentimentos, conflitos, diferentes tipos de mediação entre diversos sujeitos e instituições, diante dos papéis que, em cada época e sociedade, são atribuídos à escola (SOUSA JUNIOR, GALVÃO, 2005). Em vista do exposto, tanto o currículo quanto às disciplinas escolares não figuram como entidades estáticas no âmbito escolar, mas sim estão sujeitos aos anseios e reflexos do entorno social no qual estão inseridos.

Com relação ao currículo escolar da área de Ciências, Millar (2003) destaca que este propicia o primeiro contato dos jovens com um conjunto de saberes necessários para sua educação geral, para a sua preparação para a vida em uma democracia técnica, industrializada, moderna e/ou para uma futura formação como cientistas. Na medida em que a ciência e a tecnologia foram reconhecidas como essenciais no desenvolvimento econômico, cultural e social, o ensino das Ciências em todos os níveis foi também crescendo em importância (KRASILCHIK, 2000).

Dentre as disciplinas presentes nos currículos das escolas brasileiras de educação básica daremos ênfase às disciplinas de Ciências e Biologia, uma vez que abarcam em seu escopo curricular temas ligados à Teoria Celular nos quais estão inseridos o conceito de célula.

O ensino de Ciências nas escolas brasileiras é relativamente recente no Ensino Fundamental uma vez que até a promulgação da Lei 4.024 - Diretrizes e Bases da Educação de 1961 as aulas dessa disciplina estavam restritas às duas

últimas séries do curso ginasial. Porém, com a promulgação da Lei nº 5.692 em 1971, a disciplina de ciências passou a ter caráter obrigatório em todas as oito séries do Primeiro Grau – atual Ensino Fundamental (TRIVELATO, 2011). A LDB/1961 ampliou bastante a participação das Ciências no currículo escolar, que passaram a figurar desde o 1º ano do curso ginasial e, adicionalmente, promoveu um também substancial aumento da carga horária de Física, Química e Biologia (KRASILCHIK, 2000).

Ao demonstrar a evolução histórica do ensino de Ciências no Brasil, Krasilchik (2000) evidencia a influência dos diferentes processos que aconteciam na sociedade e que impactavam diretamente a disciplina. Estes marcos são demonstrados no Quadro 1:

Quadro 1: Evolução da situação mundial e impactos no ensino de Ciências.

Tendências no Ensino	Situação Mundial			
	1950 Guerra Fria	1970 Guerra Tecnológica	1990 Globalização	2000
Objetivo do Ensino	<ul style="list-style-type: none"> • Formar Elite • Programas Rígidos 	<ul style="list-style-type: none"> • Formar Cidadão-trabalhador • Propostas Curriculares Estaduais 	<ul style="list-style-type: none"> • Formar Cidadão-trabalhador-estudante • Parâmetros Curriculares Federais 	
Concepção de Ciência	<ul style="list-style-type: none"> • Atividade Neutra 	<ul style="list-style-type: none"> • Evolução Histórica • Pensamento Lógico-crítico 	<ul style="list-style-type: none"> • Atividade com Implicações Sociais 	
Instituições Promotoras de Reforma	<ul style="list-style-type: none"> • Projetos Curriculares • Associações Profissionais 	<ul style="list-style-type: none"> • Centros de Ciências, Universidades 	<ul style="list-style-type: none"> • Universidades e Associações Profissionais 	
Modalidades Didáticas Recomendadas	<ul style="list-style-type: none"> • Aulas Práticas 	<ul style="list-style-type: none"> • Projetos e Discussões 	<ul style="list-style-type: none"> • Jogos: Exercícios no Computador 	

Fonte: Krasilchik (2000)

Sendo a Ciência uma produção social, aquilo que ocorre com o ensino de Ciências no decorrer de sua história reflete as influências dos acontecimentos da sociedade (TRIVELATO, 2011).

De acordo com Sousa Junior e Galvão (2005), o estudo da História das Disciplinas Escolares apresenta a potencialidade de trazer à tona as transformações pelas quais o saber está submetido, revelando características específicas em cada espaço social em uma determinada época, bem como revela mudanças na organização e estruturação do conteúdo e dos métodos de ensino. Neste contexto, faz-se necessário compreender os percursos de constituição da Biologia como disciplina escolar, bem como as modificações do escopo de conteúdos por ela trabalhado.

1.1. Origens da disciplina Biologia no ensino brasileiro

De acordo com Bizzo (2004), em 1764 aportou em Portugal o italiano Domenico Agostino Vandelli, contratado pelo Marquês de Pombal para participar de uma extensa reforma educacional que se seguiu à expulsão dos jesuítas. Vandelli indica seu discípulo, Alexandre Rodrigues Ferreira, para vir ao Brasil, empreendendo uma *viagem filosófica* (1783-1791). Nesta expedição foram coletadas diversas espécies da fauna e flora brasileiras que foram enviadas à Portugal. Contudo, segundo o autor, graças às instabilidades sociopolíticas da época, significativa parcela do material teve seu destino em Paris. Devido a este fato, grande parte dos manuais didáticos de ciências e livros sobre a natureza brasileira foram escritos por franceses.

Silva-Batista (2019) ressalta que, durante os primeiros séculos da colonização portuguesa no Brasil o ensino de Ciências era incipiente, período esse que coincide com a educação regida por jesuítas. Contudo, surgiram algumas iniciativas fora da escola, como a criação da Sociedade Científica do Lavradio em 1772, e a abertura ao público de exposições no Museu Real em 1821 (SILVA-BATISTA, 2019).

Com a criação do Colégio Pedro II, em 1837, o ensino de Ciências tornou-se parte do currículo do ensino secundário. Segundo Lorenz (1986), os livros didáticos usados nas aulas de ciências do Colégio Pedro II, única instituição de ensino público secundário da corte durante o século XIX, eram, em sua maioria, de autoria de destacados cientistas e educadores franceses. No século XIX, uma das características do ensino secundário era voltar-se totalmente para preparar os alunos para o ingresso no ensino superior, devido à pressão exercida pela classe dominante que desejava ver seus filhos reconhecidos como "os homens cultos do país" (RIBEIRO, 1993).

Bueno e colaboradores (2012) afirmam que, no século XIX, o ensino das Ciências Naturais encontrava-se bastante rudimentar, não tendo se estabelecido de forma efetiva nos currículos escolares dos ensinos secundário e primário, como reflexo da ausência de um sistema de ensino bem estruturado. As abordagens utilizadas naquele contexto pautavam-se na ausência de atividades experimentais e ensino fortemente teórico (livresco), utilitarista e descritivo (BUENO, 2012).

Segundo Brito (2006), o Brasil do início do século XX caracterizava-se

por apresentar uma população predominantemente rural, com baixo índice de escolaridade e famílias numerosas. O autor aponta que, em 1920, o Brasil contabilizava uma população de 27,5 milhões de habitantes e contava com, apenas, 74 cidades com mais do que vinte mil habitantes, nas quais residiam 4,6 milhões de pessoas, ou seja, 17% do total da população brasileira. Adicionalmente, o país vivenciava um grande fluxo migratório de diversos países europeus e alguns países

asiáticos. Para o autor, a vinda dos imigrantes trouxe profundas mudanças culturais e sociais, exercendo maior pressão por instituições de ensino.

As poucas escolas públicas existentes nas cidades eram frequentadas pelos filhos de famílias de classe média, pois os ricos contratavam preceptores para ensinar seus filhos em atendimento domiciliar ou, em alguns casos, os mandavam para colégios particulares, laicos ou religiosos, nas principais capitais, em regime de internato ou semi-internato (LEMME, 2005).

Os primeiros anos da República brasileira caracterizaram-se por diversas propostas de mudanças que tinham por objetivo promover alterações na estrutura educacional do país. Dentre elas, a Reforma de Benjamin Constant propunha a inclusão de disciplinas científicas nos currículos escolares e organizava os vários níveis do sistema educacional, porém não foi posta em prática devido à falta de infraestrutura e apoio político dos grupos dominantes da época (RIBEIRO, 1993).

Através da publicação da lei n. 1.750, de 8 de dezembro de 1920, conhecida como Reforma Sampaio Dória, ocorreu a unificação das escolas Normais paulistas. Desde o momento de sua institucionalização, as escolas Normais foram importantes 'agências' na mediação da cultura, ou melhor, instâncias responsáveis pela divulgação do saber, das normas e técnicas necessárias à formação dos professores (MARTINS, 2009).

Dentre as suas proposições, a Reforma Sampaio Dória tinha por objetivo erradicar o analfabetismo por meio da extensão do ensino primário obrigatório reduzido de quatro para dois anos gratuitos, transformar os cursos de formação de professores em tipo único (normalista), acentuando os elementos pedagógicos, e instituir as delegacias regionais de ensino a fim de melhorar e descentralizar os serviços da instrução pública (HONORATO, 2017). Desde essa reforma, a Biologia e a higiene contribuíram decisivamente para o desenvolvimento do espírito

científico (BIZZO, 2004)

Em meio às conturbadas conjunturas políticas das primeiras décadas do século XX emerge o Manifesto dos Pioneiros, cuja inspiração está no movimento da Escola Nova, visando modernizar e romper com o tradicionalismo escolar vigente. Segundo Bizzo (2004):

(...) procurava-se superar a dita pedagogia tradicional ou a arte de ensinar, que tinha na imitação de modelos e na visibilidade duas características emblemáticas de um republicanismo progressista de fins do século XIX. Tratava-se de implantar uma pedagogia nova, proclamada científica e experimental, nos aspectos: de procurar, no lugar de modelos ideais ou mesmo idealizados, boas práticas; de procurar pesquisa de implementação, no lugar de exercícios de imitação e repetição, feitas em escolas-modelo anexas às escolas normais – nestas, os futuros professores, sobretudo do sexo feminino, desenvolveriam as boas práticas e pesquisariam formas de aplicação das inovações, inclusive no campo da puericultura. (BIZZO, 2004, p.150)

Lançado em 1932, o Manifesto encontra-se impregnado pelo debate intelectual da época, na qual havia grande expectativa de renovação devido ao rearranjo político decorrente da Revolução de 30 (XAVIER, 2004). Sobre o movimento da Escola Nova, Ribeiro (1993) esclarece que

O escolanovismo vai buscar na Europa suas origens, onde já no século anterior uma sociedade industrializada se preocupava com a individualidade do aluno. No Brasil, os pioneiros da Escola Nova defendem o ensino leigo, universal, gratuito e obrigatório, a reorganização do sistema escolar sem o questionamento do capitalismo dependente, enfatizam a importância do Estado na educação e desta na reconstrução nacional. Como solução para os problemas do país, apelam para o humanismo científico-tecnológico, ou seja, convivência harmoniosa do homem com a máquina, criando-se condições para que os indivíduos convivam com a tecnologia e a ciência, fazendo-os entender que tudo isto está a serviço e disponibilidade do homem. (RIBEIRO, 1993, p. 19-20)

O Manifesto dos Pioneiros revela a visão de um segmento intelectual que objetiva interferir na organização educacional brasileira. Contudo, segundo Xavier (2004),

(...) talvez, o aspecto mais importante a destacar seja o fato do Manifesto ter sido criado para se erigir em monumento de nossa memória educacional, e como tal parece ter sido aceito. Funcionando como estratégia de legitimação do grupo de educadores mais afeitos ao projeto de modernização da sociedade brasileira, o Manifesto surge carregado de um verdadeiro arsenal simbólico que atua no imaginário social, construindo uma memória educacional que tem no próprio Manifesto o marco da renovação educacional no Brasil. (XAVIER, 2004, p.5)

Quanto ao ensino de Ciências, Xavier (2004) esclarece que os pioneiros defendiam a racionalização do sistema público de ensino, com a adaptação constante do sistema educacional à evolução do mundo e da sociedade nos quais as ciências e suas aplicações técnicas assumiram uma importância cada vez maior, ao passo que os católicos da época pregavam a preservação e manutenção do ensino religioso. Para esta autora,

A Educação teria o papel de modelar os jovens espíritos em função dos ideais determinados por uma concepção racional da sociedade. Ideal esse que instaura a Democracia fundamentada na hierarquia das capacidades. A partir de então, a seleção dos melhores seria feita com base em critérios científicos, ou seja, com base na capacidade biológica de cada indivíduo em assimilar a diversidade, as inovações e as descobertas que caracterizavam o seu tempo. Desse ponto de vista, Educação é encarada como um instrumento e a Ciência funciona como um elo unificador. Desse binômio extrai-se o perfil do educador, a estrutura da instituição escolar, a identidade do grupo pioneiro e, enfim, a própria identidade da nação. O tom desse consenso é dado pela validade universal atribuída às intervenções sociais e políticas embasadas no conhecimento científico. (XAVIER, 2004, p.16)

No movimento da Escola Nova acentuou-se uma evidente polarização de vertentes ideológicas que buscavam guiar o ensino. Nunes (1998) aponta que uma corrente tradicional a Igreja estava ávida por manter seu poder no campo educacional e fazia ferrenha oposição às novas propostas:

Os sinais de que a Igreja, no início do século XX, comandava o campo educacional, detendo o monopólio educativo, são bem concretos e podem ser notados no conteúdo das cartilhas, nos livros de leitura, nos programas escolares, na forma como os alunos tratavam os mestres. A Igreja definia-se como anti-moderna, mas apresentava certa flexibilidade para absorver certas definições competidoras da realidade e subordiná-las à fé. (NUNES, 1998, p. 108)

Em oposição, nas palavras do Nunes (1998), encontravam-se os defensores do movimento da Escola Nova que, sob influência de ideais liberais, advogavam a favor de uma escola pública gratuita para todos os cidadãos e questionavam os métodos de ensino até então vigentes.

A partir da publicação do Manifesto, os conjuntos de conhecimentos relativos ao campo das Ciências Biológicas passaram a permear os currículos escolares com maior ênfase, ocupando territórios antes destinados exclusivamente ao ensino de temáticas religiosas (SANTOS, CASALI, 2010).

Segundo Krasilchik (2004), na década de 1950 a disciplina Biologia era

subdividida nos seguintes temas: botânica, zoologia e Biologia geral, acrescidos de temáticas como mineralogia, geologia, petrografia e história natural. Neste contexto, o estudo da célula era abordado, principalmente, nas aulas destinadas a botânica (com a caracterização das células vegetais) e zoologia (com a descrição dos diferentes tipos celulares que compõem os sistemas corporais dos animais), não havendo, até então, um tema destinado exclusivamente ao estudo das unidades celulares e suas estruturas. Até meados da década de 1960, disciplinas como genética e evolução não figuravam como objeto de pressões exercidas por grupos religiosos fundamentalistas, tal qual como se verificava nos Estados Unidos, umavez que no Brasil estas temáticas apresentavam um viés relacionado à saúde (BIZZO, 2004).

No Brasil dos anos 1950, sob a liderança de Isaías Raw, o recém-fundado Instituto Brasileiro de Educação, Ciência e Cultura (IBECC) desenvolveu o projeto “Iniciação Científica” para a produção de *kits* destinados ao ensino de Física, Química e Biologia voltados a alunos dos cursos primário e secundário. Além do IBECC, a Fundação para o Desenvolvimento do Ensino de Ciências (Funbec) e o Projeto Nacional para a Melhoria de Ensino de Ciências (PREMEN) são considerados importantes no desenvolvimento de materiais instrucionais no país entre 1950 e 1980 (BATISTA, 2018).

De acordo com a Lei nº 8.529, de 2 de janeiro de 1946, o ensino primário com quatro anos de duração destinava-se aos alunos entre 7 e 12 anos, tendo por finalidade propiciar a iniciação cultural, exercício das virtudes morais e cívicas, elevar o nível dos conhecimentos úteis à vida na família, à defesa da saúde, à iniciação no trabalho e o desenvolvimento da personalidade das pessoas atendidas por esta etapa da educação formal. Já o ensino secundário, regulamentado pela Lei nº 4.244, de 9 de abril de 1942, destina-se a ser uma continuidade do ensino primário, possuindo duração de 7 anos, subdivididos em dois ciclos: o primeiro ciclo, chamado ginásial, possuía duração de 4 anos e o segundo ciclo, com duração de 3 anos, compreendia duas modalidades, o curso clássico e o curso científico, escolhidos em função da carreira que o estudante pretendia seguir no nível superior.

Iniciativas voltadas para o ensino de Ciências e Biologia, como por exemplo o ensino através de atividades investigativas que foi proposto pela primeira vez nas reformas curriculares das décadas de 1950 e 1960, objetivavam

trazer a investigação científica para o Ensino de Ciências. Para tanto, esforços foram dedicados à tradução de materiais didáticos produzidos nos EUA e Inglaterra (TRÓPIA, 2015).

Diretamente atrelado ao contexto do período histórico, o currículo de Biologia e suas abordagens nas escolas brasileiras sofre profunda influência da chamada Guerra Fria, corrida armamentista decorrente da polarização global entre Estados Unidos e União das Repúblicas Socialistas Soviéticas (URSS). Este conceito foi criado para marcar a disputa por hegemonia mundial entre as duas superpotências (LOMBARDI, 2014). De acordo com Franklin (2006):

Na guerra fria, a crença generalizada de que a superioridade da Rússia havia colocado os Estados Unidos em uma posição estrategicamente desvantajosa, o medo que os EUA não estivessem produzindo um número suficiente de cientistas e engenheiros, e a ausência no currículo de Física e Matemática modernas criaram um clima que apoiava a reforma das disciplinas. (FRANKLIN, 2006, p.11, tradução nossa)

Nos EUA, houve uma forte escassez de cientistas desde o início da década de 1950, fato considerado um caso de segurança nacional, contudo, cientistas não podiam, simplesmente, ser “encontrados”, eles precisavam ser formados e treinados (AZEVEDO, 2015).

A polarização gerada pela Guerra Fria fez com que os EUA revisassem currículos das áreas de ciências aplicadas nas escolas americanas. Tal medida é tida como necessária pois, segundo Azevedo, Selles e Lima-Tavares (2016), a Guerra Fria demandou das escolas um currículo que proporcionasse rigor intelectual para competir internacionalmente com os soviéticos e que, ao mesmo tempo, reafirmassem os valores de uma sociedade democrática, como a americana. Em 1957, a URSS lança o primeiro satélite artificial a orbitar, com sucesso, o planeta: o Sputnik I. Nesse momento, o potencial tecnológico evidenciado pela URSS abalou profundamente os EUA, catalisando o movimento de reforma do currículo de ciências, uma vez que a vitória da URSS na corrida espacial gerou um sentimento de atraso científico e tecnológico (SILVA, 2020).

Neste contexto, a educação científica passou a ser compreendida como um poderoso meio de crescimento e como item imprescindível para a segurança nacional, com favorecimento para os cientistas, uma vez que o prestígio a eles gerado repercutia com maior influência sobre as políticas do governo e se revertia em mais recursos públicos para suas investigações (AZEVEDO, 2015). Contudo,

como alerta Krasilchik (2000), o contexto de produção dos grandes projetos educacionais americanos para o ensino de Ciências reflete tanto a política governamental quanto uma concepção de escola, apresentando significativos impactos nas regiões sob influência cultural norte-americana.

O movimento de reforma curricular no ensino de Ciências foi oficialmente lançado em 1956, com a elaboração do *Physical Science Study Committee* (PSSC) no Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT). De acordo com Maia (1973), o PSSC se organizava através de textos (manual do aluno e guias do professor), atividades experimentais, e filmes, tendo a sua proposta pedagógica influenciada pelas ideias de Jerome Bruner (1961), que defendia o currículo baseado na “estrutura da disciplina”. O PSSC é um projeto de ensino de Física constituído através de uma proposta metodológica revolucionária, utilizando material textual diferenciado, com uma linguagem moderna e uma sequência conceitual nova, incorporando tópicos conceituais até então pouco explorados (PERINI, 2009).

Dentre os principais projetos estadunidenses desenvolvidos neste período podemos citar, além do *Physical Science Study Committee*, o *Science Mathematics Study Group* (SMSG) e o *Chemical Bond Approach* (CBA). Para o Ensino de Biologia, o material traduzido para o português foi o BSCS - *Biology Science Curriculum Study*.

1.2. *Biological Science Curriculum Studies* no Brasil

Nos EUA, a corrida armamentista desencadeou um processo de formação de “novos cientistas”, com o intuito de produzir e implementar tecnologias superiores àquelas detidas pelos soviéticos. Para tanto, a formação escolar das crianças e adolescentes passou por processos de reformulação curricular, principalmente das disciplinas mais próximas do campo das Ciências como ressalta Krasilchik (2000):

Um episódio muito significativo ocorreu durante a "guerra fria", nos anos 60, quando os Estados Unidos, para vencer a batalha espacial, fizeram investimentos de recursos humanos e financeiros sem paralelo na história da educação, para produzir os hoje chamados projetos de 1ª geração do ensino de Física, Química, Biologia e Matemática para o Ensino Médio. A justificativa desse empreendimento baseava-se na idéia de que a formação de uma elite que garantisse a hegemonia norte-americana na conquista do espaço dependia, em boa parte, de uma

escola secundária em que os cursos das Ciências identificassem e incentivassem jovens talentos a seguir carreiras científicas. (KRASILCHIK, 2000, p.85)

Dentre as propostas de reformulação do ensino americano surgiu o projeto *Biological Science Curriculum Studies* (BSCS), em 1959, sob o comando de Joseph Schwab, professor da Universidade de Chicago, e responsável pela introdução das ideias de ensino de Ciências por investigação. De acordo com Grobman (1964), o BSCS foi organizado pela *American Biological Sciences* com o intuito de aprimorar o ensino de Biologia, tendo como principal financiador a *National Science Foundation*.

Grobman (1964) ressalta que o BSCS concretiza os esforços de mais de 1000 pessoas envolvidas em sua constituição, esforços estes que representaram uma ruptura da forma como a Biologia era anteriormente ensinada na maioria das escolas de segundo grau nos Estados Unidos, tanto em termos de conteúdo, quanto de abordagem do assunto e implementação em sala de aula, uma vez que a BSCS é pautada na discussão e uso de laboratórios, com ênfase na redução da aprendizagem mecânica. Segundo Ventura (2014), as primeiras versões do BSCS, de cunho ainda experimental, foram produzidas nas Conferências de Redação, realizadas nos anos de 1961 e 1962, sendo avaliadas nas escolas secundárias norte-americanas, revisadas e finalizadas para publicação em 1963. As Conferências tinham por objetivo fomentar discussões referentes à organização dos materiais produzidos. De acordo com França (2020) em 1960 o BSCS convocou uma Conferência de Redação em Boulder, na qual foi decidido que três versões diferentes deveriam ser elaboradas: Azul (*A molecular biology approach*), Verde (*An ecology approach*) e Amarela (*A cellular biology approach*).

Ventura (2014) ressalta que o Brasil esteve na segunda Conferência de Redação, realizada em 1962, sendo representado pelos professores Oswaldo Frota-Pessoa e Myriam Krasilchik, ambos vinculados ao IBCEC e membros atuantes nos Centros de Ciências.

Os Centros de Ciência figuraram como instituições em que ocorreram processos de produção e difusão pesquisas na área de ensino de Ciências, através da capacitação de professores e da elaboração de projetos, produção de materiais didáticos, livros didáticos em forma de apostilas que eram experimentadas, testadas, ajustadas e que foram publicadas (BORGES, LIMA, 2007).

Para Azevedo e Selles (2015), Schwab trabalhava com a proposição de

que o ensino de Ciências não poderia mais ser apresentado aos estudantes como um corpo estático de conhecimentos, que ele denominava “retórica de conclusões”, e defendia que o ensino deveria ser capaz de apresentar aos estudantes as estruturas conceituais do conhecimento científico, sobretudo, um ensino pragmático e investigativo.

O BSCS visou implementar a metodologia de pesquisa vivenciada pelos cientistas na educação, principalmente através da utilização de laboratórios equipados com recursos que possibilitam ao estudante realizar diversos experimentos em sala de aula. Desta forma, os conteúdos teóricos trabalhados pelos professores eram praticados pelos alunos através da realização de experimentos, numa aproximação da rotina vivida por um pesquisador. Contudo, o julgamento de valores dos cientistas e as condições sociais de produção em que os cientistas estavam inseridos eram colocados à parte da atividade científica (TRÓPIA, 2015).

Schwab enxergava na abordagem investigativa, o que ele mesmo chamou de “ensino por inquérito”, a via pela qual os estudantes poderiam adquirir e desenvolver níveis cognitivos mais nobres, capaz de permitir acessar a imaginação, de explorar novas e remotas possibilidades e de mobilizar estruturas simbólicas (AZEVEDO, SELLES, 2015).

As coleções didáticas desenvolvidas pelo BSCS eram compostas por livros didáticos que almejaram revigorar o ensino através de inovações metodológicas pautadas, principalmente, na experimentação. Adicionalmente, a coleção do BSCS teve o papel de reintroduzir o estudo da Evolução no currículo do ensino secundário norte-americano uma vez que os conflitos entre os religiosos criacionistas e as comunidades científicas culminaram na adoção de leis que conferiam neutralidade nessas abordagens nos espaços escolares (VENTURA, 2014).

Devido a necessidade de haver maior flexibilidade curricular para adequar-se às diferentes realidades de professores e alunos, elaboraram-se três diferentes versões do BSCS que, embora tivessem características comuns e cerca de 80% do mesmo conteúdo, estes apresentavam-se em sequências distintas (KRASILCHIK, 2004, p. 46).

A versão amarela apresentava uma organização mais tradicional iniciando sua sequência a partir do tema “Célula”, abordando a teoria celular e

organização em tecidos, órgãos e formação do indivíduos; A versão verde parte dos conceitos da Ecologia, abordando as interrelações entre os seres vivos nos ecossistemas, comunidades e populações; Já na versão azul, a sequência de conteúdo é iniciada pela Bioquímica dos átomos e moléculas até chegarem em níveis com maior organização, tais como as células e as estruturas corporais (KRASILCHIK, 2004, p. 47).

Para Goodson (1997, p. 76) a designação das coleções do BSCS com base na coloração principal de sua capa decorre da necessidade de utilização de termos “neutros” para que não houvesse confusões uma vez que as pessoas poderiam confundir e considerar as versões verde, amarelo e azul como sendo, respectivamente, cursos de Ecologia, Bioquímica e Biologia Celular.

De acordo com Krasilchik (2004) o Instituto Brasileiro de Educação, Ciência e Cultura (IBECC) optou por adaptar dois projetos do BSCS para utilização no Ensino Médio:

Inicialmente foi feita a adaptação da chamada “Versão Azul”, que analisava os processos biológicos a partir do nível molecular, e, em seguida, a chamada “Versão Verde”, que centralizava sua análise no nível de população e comunidade. Esses projetos tiveram ampla difusão e influenciaram profundamente o ensino atual de Biologia.

Embora haja pequenas diferenças entre os vários conjuntos de objetivos desenvolvidos pelos projetos curriculares, suas diretrizes gerais podem assim ser resumidas: fazer com que os alunos citados possam adquirir conhecimentos atualizados e representativos do desenvolvimento de ciências biológicas e vivenciar o processo científico. (KRASILCHIK, 2004 p.15-16)

A versão verde do BSCS, composta por três volumes cuja temática central pautava-se na Ecologia, não figurou apenas como uma simples tradução da obra para o português pois todos os Centros de Ciências no Brasil contribuíram para a sua adaptação e adequação à necessidade dos alunos e professores brasileiros, sendo esta versão organizada segundo temáticas nacionais. O processo de tradução e adaptação foi coordenado pela professora Norma Maria Cleffi entre os anos 1972 e 1975 e publicados a partir do ano de 1972 (VENTURA, 2014).

A versão azul, publicada em dois volumes em 1967, foi a primeira a ser traduzida e adaptada a partir do trabalho desenvolvido pelo Centro de Ciências do Estado de São Paulo (CECISP) com a supervisão das professoras Myriam Krasilchik, Nícia Wendel de Magalhães e Norma Maria Cleffi (VENTURA, 2014). No

Brasil, inicialmente, optou-se pela escolha da versão Azul para compor o ensino e o currículo da disciplina escolar Biologia. Contudo, cabe ressaltar que as escolas públicas brasileiras, em sua maioria, como atualmente, não contavam com a estrutura física necessária para implantação de um material pedagógico que requera utilização de laboratórios e insumos laboratoriais, limitando sua aplicação.

Ventura (2014) ressalta que antes da promulgação da Lei de Diretrizes e Bases em 1961 apenas materiais produzidos por órgãos oficiais poderiam ser utilizados no ensino brasileiro, sendo necessária a adaptação da coleção do BSCS:

As influências da coleção do BSCS sobre o ensino secundário brasileiro se iniciaram com a produção do módulo – Manual de Biologia – Exercícios de Ecologia adaptado por Oswaldo Frota Pessoa e Myriam Krasilchik do “High School Biology: the Laboratory” em 1961. Essa produção orientava os professores na nova proposta de ensino de Biologia em um período em que a legislação não permitia a adoção de outras produções que não fossem os materiais oficiais. Após a promulgação da Lei de Diretrizes e Bases em 1961 (Lei nº 4.024/61), que permitiu a utilização de outros materiais didáticos ocorre as ações em torno da tradução e da adaptação da coleção do BSCS. (VENTURA, 2014, p.57)

O BSCS foi exportado para mais de 50 países em todo o mundo e, no Brasil, foi visto como essencial para o desenvolvimento de políticas de desenvolvimento para o ensino de Ciências pois introduziu novos hábitos de consumo e ao mesmo tempo, formava, por meio do ensino, mão-de-obra especializada (AZEVEDO, 2017).

1.3. A disciplina Biologia nas décadas de 1970 e 1980

Em continuidade às mudanças ocorridas na década de 1960, o ensino de Biologia carrega marcas do ensino por redescoberta, modelo enaltecido na década de 1970. Nesse modelo, o aluno vivenciava nas aulas práticas situações de experimentação, para adquirir conhecimentos, reproduzindo a vivência de um cientista. Cabe ressaltar que as aulas práticas estavam diretamente atreladas à existência de uma estrutura laboratorial que, em muitas escolas, estava ausente ou era deficitária, impactando de forma negativa as propostas de ensino presentes no BSCS.

O período que se segue à 1964, início da ditadura militar no Brasil, impactou significativamente o sistema educacional brasileiro. Sob forte influência americana, o Ministério da Educação estabeleceu vários acordos de cooperação

com a *United States Agency for International Development* voltados para as reformas educacionais e o desenvolvimento de uma pedagogia tecnicista, que defendia a aplicação de princípios científicos para resolver problemas sociais e educacionais (BORGES, LIMA, 2007).

Segundo Lübke (2014), nas décadas de 1970 e 1980 os manuais didáticos passaram a ocupar importância central, impondo-se ao modelo denominado “estudo dirigido”, norteando a estrutura do currículo na educação básica e auxiliando os professores no planejamento e prática pedagógica em sala de aula.

Bizzo (2004) ressalta que, devido à reforma universitária e a instituição do vestibular como forma de acesso ao ensino superior, ocorrida em 1968, o conteúdo programático de Biologia passou a ser drasticamente influenciado pelos exames vestibulares. Este conteúdo era baseado na memorização e exigia pouca vivência do método científico e quase nenhum trabalho cooperativo.

Longhini (2012) destaca que durante a década de 1970, o ensino das Ciências foi marcado pelo uso da experimentação como estratégia de ensino, com a efetiva participação do aluno, principalmente através do ensino por redescoberta. Ou seja, o estudante tinha como objetivo redescobrir conhecimentos já existentes por meio de experimentos previamente estruturados. Assim, para esta autora, a existência de aulas práticas era considerada uma meta importante a ser atingida, como parte do processo de aprimoramento do ensino das Ciências, pois obrigava o aluno a “pesquisar”, participando do processo de redescoberta.

Krasilshik (2004) salienta que, a década de 1970 foi marcada pelo regime da ditadura militar que, dentre outros objetivos, pretendia modernizar e desenvolver o país. Para tanto, segundo a autora, o ensino das Ciências era considerado vital para a preparação e qualificação dos trabalhadores brasileiros.

Uma significativa mudança em relação às décadas anteriores decorreu da promulgação da Lei de Diretrizes e Bases (LDB) 5692/71 que tornou o 2º grau profissionalizante, implantando assim a era do ensino profissionalizante. Para Longhini (2012):

A reforma de 1971, promulgada em 11 de agosto, apresentou, além de algumas mudanças estruturais, uma nova nomenclatura: os antigos cursos primário, ginasial e colegial foram substituídos pelo ensino de 1º grau (com 8 anos de duração – 1ª a 8ª série) e 2º grau (com 3 ou 4 anos de duração). O 1º grau, além da educação geral fundamental, visava à sondagem vocacional e iniciação para o trabalho, e o 2º grau visava à

habilitação profissional de grau médio. Vale destacar que, segundo a Lei n. 5.692/71, a educação geral determinava a continuidade e a formação especial definia a terminalidade dos estudos. (LONGHINI, 2012, p. 59)

De acordo com Sá (1982), a Lei 5692/71 ampliou para oito as séries do primeiro grau, porém, dada à precária estrutura dos sistemas escolares, que impossibilitava proporcionar a todo o contingente de crianças e adolescentes na faixa etária o primeiro grau completo, optou-se por realizar uma subdivisão dessa etapa do ensino em: 1) primeiro grau menor, em quatro séries, e 2) primeiro grau maior, também em quatro séries.

O governo federal apoiou o ensino das Ciências, no qual estava inserido o ensino de Biologia, por meio do Programa de Expansão e Melhoria do Ensino (PREMEN), criado em 1972 (LONGHINI, 2012). De acordo com Silva (2016):

(...) a Lei nº 5.692/1971 introduziu nas escolas brasileiras um currículo por áreas de estudo (não reconhecendo as disciplinas científicas) e com ênfase no desenvolvimento de habilidades, atitudes e conhecimentos necessários à integração no processo produtivo. A reforma educacional de 1971 introduz alterações, no nível secundário, ao determinar que o ensino profissional seja obrigatório para todos os jovens brasileiros. As principais mudanças foram a extensão da obrigatoriedade escolar para oito anos, com a fusão dos antigos cursos primários e ginásio e a extinção do exame de admissão; a introdução do ensino profissionalizante através dos ginásios orientados para o trabalho e a implantação da profissionalização compulsória no ensino de 2º grau. Em outras palavras, a Lei nº 5.692/71 preconiza a sondagem de aptidões e a iniciação para o trabalho com uma atenção maior para as questões de profissionalização e, em decorrência com a inserção no mercado de trabalho. (SILVA, 2016, p. 204)

Silva (2016) argumenta que a tendência liberal tecnicista do ensino interfere no sistema produtivo, pois o foco de interesse é formar indivíduos competentes para o mercado de trabalho. Para a autora, o discurso da pedagogia tecnicista se coaduna com a lógica do modelo de competências ao ter como base uma educação que privilegia o modelo da instrução e da transmissão da informação.

Devido ao agravamento de problemas sociais durante a década de 1970, novos assuntos foram incorporados aos programas de ensino tais como ecologia, biotecnologia e neurofisiologia (KRASILCHIK, 2004). Para Valla (2014), nas décadas de 1970 e 1980 havia a aposta de mudança da sociedade através da educação voltada para as questões que envolvem o meio ambiente.

Mesmo com todas as tentativas de consolidação do ensino profissionalizante, este se constituiu em um fracasso pois, segundo Zotti (2002), não foram criadas as condições necessárias para que as escolas se adaptassem às exigências legais, gerando graves deficiências no processo de formação dos estudantes.

No final da década de 1970 e início dos anos 1980, foram criados projetos para o desenvolvimento de materiais didáticos adequados às novas visões do ensino de Ciências, dando ênfase ao processo experimental (SILVA-BATISTA, 2019). Adicionalmente, no final da década de 1970 surgiram modelos de aprendizagem por mudanças conceituais em que aluno é agente ativo na construção do seu conhecimento.

Muito embora haja polissemia em relação ao termo, Mortimer (1996) apresenta o ensino por mudança conceitual como um modelo no qual há o levantamento das concepções dos estudantes e objetiva-se transformá-las em conceitos científicos. O modelo da mudança conceitual surgiu de uma analogia entre o crescimento do conhecimento científico e a aprendizagem das ciências (POSNER *et al.*, 1982).

Para Arruda e Villani (1994), o ensino por mudança conceitual pressupõe a existência na mente dos estudantes das concepções ou concepções espontâneas, que são ideias intuitivas relativamente estáveis, parcialmente consistentes, úteis para a interpretação de fenômenos cotidianos, e que constituem o "conhecimento do senso comum", cuja resistência a mudanças figura como uma das principais causas das dificuldades na aquisição do conhecimento científico.

Nardi e Gatti (2005) destacam que, a partir da década de 70 houve um grande empenho entre os investigadores em ensino de Ciências em estudar as noções prévias relativas aos diversos conceitos científicos que os estudantes possuem e como tais noções podem impactar o processo de ensino e aprendizagem.

Posner e colaboradores (1982) descrevem quatro condições que parecem ser aspectos comuns na maioria dos casos de acomodação de um novo conceito: inteligibilidade, plausibilidade, fertilidade e insatisfação (EL-HANI, BIZZO, 2002). De acordo com Posner *et al.* (1982), as quatro condições a seguir figuram como as mais comuns à maioria dos estudantes para que ocorra a acomodação de

um novo conceito:

- 1) *Deve haver insatisfação com as concepções existentes*, ou seja, os conceitos existentes não mais atendem às necessidades do indivíduo em plenitude;
- 2) *Uma nova concepção deve ser inteligível*, o indivíduo deve ser capaz de internalizar e compreender o novo conceito;
- 3) *Uma nova concepção deve parecer inicialmente plausível*, qualquer novo conceito adotado deve pelo menos parecer ter a capacidade de resolver os problemas gerados por seus antecessores;
- 4) *Um novo conceito deve ser fértil*, deve ter a possibilidade de ser estendido a outras áreas de conhecimento.

Rodrigues e Mendes Sobrinho (2008) ressaltam que durante a década de 1980, houve a tendência de aplicação em sala de aula de pequenos projetos, centrados na escola e no professor, com ênfase na investigação de “conceitos espontâneos” dos alunos, em detrimento aos grandes projetos (dos kits de Ciências, laboratórios etc.).

Ao longo da década de 1980 e da primeira metade da década de 1990, ‘mudança conceitual’ se tornou praticamente sinônimo de ‘aprender ciências’, alimentando o que já se chamou de “indústria de *misconceptions*” (EL-HANI, BIZZO, 2002). A área de ensino de Ciências mostrou-se especialmente propícia para a proliferação de pesquisas relacionadas ao levantamento das concepções dos estudantes e os decorrentes impactos destas no processo de ensino e aprendizagem de conceitos científicos.

No tocante às pesquisas relacionadas ao ensino de Ciências, houve significativo interesse em evidenciar as aprendizagens individuais que ocorriam em situações educativas, como também as aprendizagens que ocorriam em contextos específicos e que poderiam permitir aos estudantes compreender e agir sobre as distintas realidades em que viviam, privilegiando, dessa forma, as dimensões comportamentais e cognitivas relacionadas à aprendizagem das Ciências em detrimento da relevância social desse ensino (NASCIMENTO, FERNANDES, MENDONÇA, 2010).

No Brasil, a primeira metade da década de 1980 foi caracterizada por uma profunda crise econômica e o início da transformação política de um regime totalitário para um regime participativo pluripartidário, com significativos impactos na construção curricular pois uma vertente preconizava a delegação das decisões curriculares a cada escola enquanto outra vertente pregava uma centralização por parte da autoridade (KRASILCHIK, 1987).

Em um mundo permeado por crises e quebra de paradigmas, em meio às efervescências sociais, crises na produção de energia e preocupações com meio ambiente, há, nesse período, uma tendência de privilegiar a elaboração de programas escolares, por diversas nações, em detrimento de meras adaptações ou traduções. Krasilchik (1987) salienta os impactos dessa tendência na construção curricular:

As agressões ao ambiente, decorrentes do desenvolvimento industrial desenfreado, resultaram, em contrapartida, no recrudescimento do interesse pela educação ambiental e na agregação de mais um grande objetivo ao ensino das Ciências: o de fazer com que os alunos discutissem também as implicações sociais do desenvolvimento científico. Este objetivo o passo a constituir a nova ênfase dos projetos curriculares, evidenciando a influência dos problemas sociais que se exacerbaram na década de setenta e determinaram um novo momento de expansão das metas do ensino de Ciências. O que agora se visava era incorporar, ao racionalismo subjacente ao processo científico, a análise de valores e o reconhecimento de que a ciência não era neutra. No clima de mudança dessa fase, irritam profundamente tanto o processo de revisão crítica da concepção de pesquisa como o debate entre pesquisadores e filósofos da ciência sobre os procedimentos mais adequados à investigação. (KRASILCHIK, 1987, p. 17)

Com relação à produção de materiais didáticos e de apoio aos professores, Longhini (2012) destaca que o Centro de Treinamento para Professores de Ciências de São Paulo (CECISP) elaborou subsídios para a implementação deste material que possuía cinco volumes enfocando as diferentes áreas do conhecimento biológico: v. I: Ecologia; v. II: Citologia; v. III: Genética; v. IV e V: Fisiologia. Esta Proposta apresentava um volume especialmente dedicado ao ensino de conteúdos relativos à célula, demonstrando que tal vertente do conhecimento ocupa um lugar de destaque frente aos demais conteúdos curriculares da Biologia. Cabe ressaltar que, muito embora não haja um caráter de obrigatoriedade quanto à utilização das Propostas Curriculares, elas nortearam a elaboração de currículos nos sistemas de ensino.

A lei n. 7.044/82 preconizava que, nas séries iniciais do 1º grau, as

Ciências deveriam ser trabalhadas sob a forma de iniciação e tratadas, predominantemente, como atividades. Em seguida, até o final do 1º grau, a nomenclatura da disciplina seria alterada para Ciências Físicas e Biológicas, tratadas como áreas de estudo ou disciplinas. No 2º grau, Física, Química e Biologias seriam consideradas disciplinas (LONGHINI, 2012).

Com a promulgação da Lei nº 7.044, de 18 de outubro de 1982, a obrigatoriedade do ensino profissionalizante deixa de existir, tornando facultativa sua adoção pelos estabelecimentos de ensino. Contudo, caso fosse oferecida essa modalidade de ensino, as habilitações profissionais poderiam ser realizadas em regime de cooperação com empresas e outras entidades públicas ou privadas, conforme previa o artigo. 6º desta lei.

No final da década de 1980 e início da década de 1990, houve uma retomada das atividades investigativas como prática de ensino de Ciências influenciada por reformas curriculares nos EUA e na Inglaterra (TRÓPIA, 2015).

1.4. Impactos da LDB/1996 e dos Parâmetros Curriculares no ensino de Biologia

A década de 1990 foi marcada pela promulgação de leis e publicação de documentos oficiais que reestruturam o ensino brasileiro, reorganizando as estruturas institucionais e curriculares da educação básica.

Já no final da década de 1980 e início dos anos 1990, o ensino de Biologia passou a privilegiar a formação cidadã dos educandos, com vistas a desenvolver o espírito crítico, a consciência ambiental, o engajamento social e a participação ativa nas problemáticas ambientais.

Rompendo de forma gradual com as abordagens metodológicas vivenciadas nos anos anteriores, o foco do ensino de Biologia centra-se na formação

do indivíduo de forma holística, não apenas para atuação no mercado de trabalho ou para formação de novos cientistas. Nessa perspectiva, Krasilchik (2004) esclarece que nos documentos oficiais deste período surgem os conceitos de *competências* e *habilidades* que podem ser definidas como:

(...) considera-se que competências são, de forma geral, ações e operações da inteligência, as quais usamos para estabelecer relações entre objetos, situações, fenômenos e pessoas. As habilidades são decorrentes das competências adquiridas e confluem para o *saber fazer*.

Essas habilidades aperfeiçoam-se e articulam-se por meio das ações desenvolvidas, possibilitando nova reorganização das competências. (KRASILCHIK, 2004, p.20)

Muito embora tenha ocorrido uma mudança nas perspectivas do ensino, a abordagem de temas referentes ao componente curricular Biologia ainda se apresenta com o viés conteudista, ou seja, com excesso de descritividade dos temas curriculares. A título de exemplificação, Krasilchik (2004) aponta que os programas predominantes da disciplina no Ensino Médio das escolas brasileiras contemplavam os seguintes conteúdos:

1ª série: A origem da vida; Características dos seres vivos; Citologia, Metabolismo; Teoria celular; Histologia animal e Histologia vegetal.

2ª série: Taxonomia; Critérios de classificação; Morfologia animal; Morfologia vegetal; Embriologia; reprodução e desenvolvimento humano; Genética mendeliana; Genética de populações e Evolução.

3ª série: Ecologia, Populações; Relações ecológicas; O homem e o meio ambiente. (KRASILCHIK, 2004, p.17)

Com a aprovação da lei n. 9.394, Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, em 1996, que orienta uma reorganização das estruturas que regem a educação brasileira, além da adequação do ensino às demandas da sociedade. Esta Lei reforça a necessidade de se propiciar a todos uma formação básica comum, o que pressupõe a formulação de um conjunto de diretrizes capaz de nortear os currículos e seus conteúdos mínimos (BIZZO, 2004).

No 36º artigo da LDB/96 são definidos os objetivos educacionais para o Ensino Médio, ressaltando a importância da educação científica:

Destacará a educação tecnológica básica, a compreensão do significado da ciência, das letras e das artes; o processo histórico de transformação da sociedade e da cultura; a língua portuguesa como instrumento de comunicação, acesso ao conhecimento e exercício da cidadania. (BRASIL, 1996, p. 12)

A nova Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional consolida e amplia o dever do poder público para com a educação em geral e, em particular, para com o ensino fundamental, assegurando a todos os estudantes uma formação comum que os capacite a progredir no mundo do trabalho, na sequência dos estudos e no exercício da cidadania (BIZZO, 2004).

Em 1998, foram divulgados pelo Ministério da Educação os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) para o ensino fundamental, documento que

complementa a Lei nº 9.394/96. Segundo o Ministério da Educação, os PCN são:

(...) um referencial de qualidade para a educação no Ensino Fundamental em todo o País. Sua função é orientar e garantir a coerência dos investimentos no sistema educacional, socializando discussões, pesquisas e recomendações, subsidiando a participação de técnicos e professores brasileiros, principalmente daqueles que se encontram mais isolados, com menor contato com a produção pedagógica atual. (BRASIL, 1998a, p.10)

Os PCN constituem um documento norteador que objetiva implementar mudanças nas abordagens escolares. As propostas para a renovação do ensino de Ciências Naturais orientavam-se pela necessidade de o currículo responder ao avanço do conhecimento científico e às demandas pedagógicas geradas pela influência do movimento Escola Nova, valorizando-se a participação ativa do estudante no processo de aprendizagem (BRASIL, 1998b).

De forma inovadora e até então pouco discutida em documentos oficiais anteriores, os PCN trazem a necessidade de haver uma apropriação do conhecimento científico pelo aluno de forma significativa, que lhe remetesse ao seu ambiente social, atribuindo-lhe significância. Os conteúdos curriculares não mais deveriam centrar-se na explanação oral dos conceitos, mas agregar elementos que conectam a realidade do estudante ao conceito científico. Conforme exposto nos PCN (BRASIL, 1998b):

Para pensar sobre o currículo e sobre o ensino de Ciências Naturais o conhecimento científico é fundamental, mas não suficiente. É essencial considerar o desenvolvimento cognitivo dos estudantes, relacionado a suas experiências, sua idade, sua identidade cultural e social, e os diferentes significados e valores que as Ciências Naturais podem ter para eles, para que a aprendizagem seja significativa.

Trata-se, portanto, de organizar atividades interessantes que permitam a exploração e a sistematização de conhecimentos compatíveis ao nível de desenvolvimento intelectual dos estudantes, em diferentes momentos do desenvolvimento. Deste modo, é possível enfatizar as relações no âmbito da vida, do Universo, do ambiente e dos equipamentos tecnológicos que poderão melhor situar o estudante em seu mundo. (BRASIL, 1998b, p.27-28)

Com base nesses preceitos, a aprendizagem significativa torna-se elemento importante na vivência escolar, estruturando um novo viés nas abordagens metodológicas.

Falando sobre o ensino de Ciências, os conteúdos curriculares foram distribuídos em quatro Eixos Temáticos - Terra e Universo; Vida e Ambiente; Ser Humano e Saúde; Tecnologia e Sociedade -, além do eixo contendo Temas

Transversais. Estes eixos percorrem as nove séries que compõem o ensino fundamental, mas há uma maior ênfase e aumento de carga horária do ensino de Ciências nas séries finais deste segmento.

Em um mundo globalizado, as temáticas abordadas em sala de aula expandem-se para além dos conteúdos acadêmicos “clássicos”, sendo necessária a inserção/abordagens de temas inerentes ao cotidiano e à regionalidade na qual a escola está inserida. Com o intuito de contemplar tais necessidades, os PCN inserem os Temas Transversais, nos quais devem ser trabalhados conceitos e valores essenciais à democracia.

Compreendendo seis distintas áreas do conhecimento, quais sejam a Ética, Trabalho e Consumo, Orientação Sexual, Meio Ambiente, Saúde e Pluralidade Cultural, os temas transversais podem e devem ser trabalhados por todas as disciplinas curriculares, integrando os saberes e contextualizando-os de acordo com a realidade e a vivência dos educandos.

Em 26 de junho de 1998 foram publicadas as Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (DCNEM), documento este que, em consonância com a LDB/96, regulamenta o Ensino Médio nas escolas públicas e privadas no Brasil. De acordo com esse documento, o Ensino Médio deve preparar o cidadão para atuar na sociedade e no mundo do trabalho, como aponta seu Artigo 1º.:

Artigo 1º As Diretrizes Curriculares Nacionais do Ensino Médio – DCNEM, estabelecidas nesta Resolução, se constituem num conjunto de definições doutrinárias sobre princípios, fundamentos e procedimentos a serem observados na organização pedagógica e curricular de cada unidade escolar integrante dos diversos sistemas de ensino, em atendimento ao que manda a lei, tendo em vista vincular a educação com o mundo do trabalho e a prática social, consolidando a preparação para o exercício da cidadania e propiciando preparação básica para o trabalho. (BRASIL, 1998c, p. 1)

As DCNEM orientam a formação de uma base nacional comum dos currículos nas seguintes áreas de conhecimentos: I - Linguagens, Códigos e suas Tecnologias; II - Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias; III - Ciências Humanas e suas Tecnologias. Com relação às Ciências da Natureza, área em que a disciplina de Biologia está inserida, o artigo 10 preconiza:

(...) II - Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias, objetivando a constituição de habilidades e competências que permitam ao educando:

a) Compreender as ciências como construções humanas, entendendo como elas se desenvolvem por acumulação, continuidade ou ruptura de paradigmas, relacionando o desenvolvimento científico com a

transformação da sociedade.

- b) Entender e aplicar métodos e procedimentos próprios das ciências naturais.
- c) Identificar variáveis relevantes e selecionar os procedimentos necessários para a produção, análise e interpretação de resultados de processos ou experimentos científicos e tecnológicos.
- d) Compreender o caráter aleatório e não determinístico dos fenômenos naturais e sociais e utilizar instrumentos adequados para medidas, determinação de amostras e cálculo de probabilidades.
- e) Identificar, analisar e aplicar conhecimentos sobre valores de variáveis, representados em gráficos, diagramas ou expressões algébricas, realizando previsão de tendências, extrapolações e interpolações e interpretações.
- f) Analisar qualitativamente dados quantitativos representados gráfica ou algebricamente relacionados a contextos socioeconômicos, científicos ou cotidianos
- g) Apropriar-se dos conhecimentos da física, da química e da Biologia e aplicar esses conhecimentos para explicar o funcionamento do mundo natural, planejar, executar e avaliar ações de intervenção na realidade natural.
- h) Identificar, representar e utilizar o conhecimento geométrico para o aperfeiçoamento da leitura, da compreensão e da ação sobre a realidade.
- i) Entender a relação entre o desenvolvimento das ciências naturais e o desenvolvimento tecnológico e associar as diferentes tecnologias aos problemas que se propuseram e propõem solucionar.
- j) Entender o impacto das tecnologias associadas às ciências naturais na sua vida pessoal, nos processos de produção, no desenvolvimento do conhecimento e na vida social.
- l) Aplicar as tecnologias associadas às ciências naturais na escola, no trabalho e em outros contextos relevantes para sua vida.
- m) Compreender conceitos, procedimentos e estratégias matemáticas e aplicá-las a situações diversas no contexto das ciências, da tecnologia e das atividades cotidianas. (BRASIL, 1998c, p. 5-6)

As DCEM preconizam um olhar amplo e integrador entre os diferentes campos do conhecimento, inferindo uma ruptura com a forma estanque e fragmentada com que os temas são abordados dentro das disciplinas escolares. Sugerem que haja uma integração entre os conceitos aprendidos na escola com a resolução de questionamentos/problemas que permeiam as atividades cotidianas, ou seja, em concordância com os preceitos da Teoria da Aprendizagem Significativa, deve-se considerar os conhecimentos prévios dos alunos, bem como suas vivências, de modo a integrá-los e contextualizá-los com os saberes advindos da comunidade científica. Adicionalmente, há ênfase em trazer ao educando a visão do conhecimento científico como sendo uma construção humana não dogmática, passível de reestruturações, rupturas ou continuidade de paradigmas, atendendo o progresso do pensamento e avanços da tecnologia e da sociedade.

Muito embora as Diretrizes permitam a existência das disciplinas tal qual existiam antes de sua publicação, estas agora integram campos de conhecimentos. As disciplinas designadas como Matemática, Biologia, Química e Física integram as Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. As diretrizes curriculares preconizam uma organização curricular comum em todo o território nacional vindo a gerar, anos mais tarde, a Base Nacional Comum Curricular (BNCC). Devido ao fato de nossa pesquisa ter sido realizada no ano de 2017, ou seja, antes da homologação da BNCC, não abordaremos eventuais impactos decorrentes dessa lei na área de ensino de Ciências.

Após a publicação dos PCN voltados ao segmento do Ensino Fundamental e das DCNEM, em 1999 o Ministério da Educação publicou os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM), documento este que apresenta as novas bases legais para este segmento do ensino, complementando a LDB/96 e as DCNEM. Os PCNEM são subdivididos em quatro partes: Parte I - Bases Legais; Parte II - Linguagens, Códigos e suas Tecnologias; Parte III - Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias; Parte IV - Ciências Humanas e suas Tecnologias.

De acordo com os PCNEM, a reestruturação do Ensino Médio faz-se necessária em virtude das mudanças nas demandas sociais, econômicas e culturais nas quais os alunos estão inseridos. Para o MEC (BRASIL, 1999):

A formação do aluno deve ter como alvo principal a aquisição de conhecimentos básicos, a preparação científica e a capacidade de utilizar as diferentes tecnologias relativas às áreas de atuação. Propõe-se, no nível do Ensino Médio, a formação geral, em oposição à formação específica; o desenvolvimento de capacidades de pesquisar, buscar informações, analisá-las e selecioná-las; a capacidade de aprender, criar, formular, ao invés do simples exercício de memorização. (BRASIL, 1999, p. 6)

Este documento ressalta também que tais mudanças neste segmento de ensino decorrem de demandas advindas do mercado de trabalho, pois as mudanças originam-se na “revolução do conhecimento”, alterando o modo de organização do trabalho, as relações sociais e a necessidade crescente de padrões de qualidade ofertados na rede pública (BRASIL, 1999).

Com relação à contextualização do ensino, Duré, Andrade e Abílio (2018) esclarecem que esta emerge a partir da crítica ao distanciamento existente entre os conteúdos curriculares do ensino básico e a realidade dos alunos. A

contextualização assume especial importância ao serem trabalhados os conceitos científicos uma vez que estes estão permeados por uma série de signos e significados desconhecidos dos alunos e ausentes em seu cotidiano, sendo necessário um árduo trabalho de transposição didática e significação desses novos termos. Assim, como ressalta Krasilchik (2004):

A palavra só passa a ter significado quando o aluno tem exemplos e suficientes oportunidades para usá-las, construindo sua própria moldura de associações. Como às vezes os termos apresentados são desnecessários, uma vez que nunca mais voltarão a ser usados, o professor deve tomar cuidado para não sobrecarregar a memória dos alunos com informações inúteis. (KRASILCHIK, 2004, p. 57)

Embora os documentos oficiais indiquem a necessidade da contextualização e adequação do ensino à realidade da comunidade escolar, quanto ao ensino de Biologia não há um consenso de que os documentos oficiais, tais como os PCNEM e as DCEM, efetivamente propiciem tal abordagem contextualizada e, em alguns aspectos, até mesmo descaracterizam a produção científica como um produto cultural atrelado a um momento histórico-cultural. Neste aspecto, Silva (2010) afirma que:

(...) apesar da indicação nos textos oficiais para o processo de ensino contextualizado – resultado da articulação de distintas posições teóricas – as sugestões para a seleção e organização de conteúdos, do discurso híbrido, as proposições para a disciplina Biologia, não apresentam uma orientação de pensamento em que este componente curricular seja pensado como produção cultural. Essa constatação é possível ao analisar as orientações dadas para o trabalho com os conteúdos propostos. A centralidade do discurso da disciplina Biologia permanece bastante arraigada ao discurso das ciências de origem, também deslocados pela linguagem e discursos hegemônicos, de seus contextos de produção, ou seja, o sócio histórico-cultural. (SILVIA, 2010, p. 101)

Sobre o ensino de Biologia, Borges e Lima (2007) ressaltam que embora este tenha sido impactado pela nova legislação, ainda há uma ênfase no estudo de conceitos, linguagem e metodologias desse campo do conhecimento, tornando as aprendizagens pouco eficientes para interpretação e intervenção na realidade.

Nascimento, Fernandes e Mendonça (2010) apontam que, mesmo após a publicação dos PCN, PCNEM e DCNEM é possível verificar um distanciamento entre os pressupostos destes documentos e a implantação prática na sala de aula. Para este autor, há uma complexa relação epistemológica entre as ideias científicas e os pressupostos da educação científica, pois existe uma grande dificuldade no rompimento da concepção positivista, conservadora e

autoritária do ensino-aprendizagem que muitos professores ainda apresentam. Tais concepções impactam no fazer pedagógico e na formação crítica dos cidadãos. Muito embora os documentos legais preconizem a contextualização do conhecimento e o levantamento dos conceitos prévios dos alunos, na prática cotidiana é possível verificar uma forte tendência à manutenção de aulas meramente expositivas, uma vez que, dentre outros fatores, as condições de trabalho dos professores não foram modificadas pela publicação dos PCNEM e DCNEM. Extensas jornadas de trabalho e elevado número de alunos em sala de aula fazem com que a adoção de metodologias distintas das meramente expositivas sejam rejeitadas pelos professores.

Com relação aos PCNEM, Borges e Rezende (2010) ponderam que, embora o documento faça uma crítica ao modelo de educação tradicional, trazendo propostas pedagógicas em sintonia com o construtivismo, e que exista a preocupação com a contextualização do conhecimento, a formulação de uma proposta que vise o desenvolvimento de competências acaba por conferir ambiguidade também à sua proposta pedagógica, embora a análise sugira ela esteja menos sujeita à submissão ao mercado do que as outras disciplinas científicas. Assim, para estas autoras, os PCNEM de Biologia transmitem uma visão epistemológica e pedagógica ambígua podendo levar o professor a assumir uma posição epistemológica igualmente ambígua ou a permanecer com concepções empiristas, culminando em uma prática pedagógica tradicional e um posicionamento estreito em relação à ciência ensinada.

Tendo em vista manifestações de descontentamento dos professores com relação à exiguidade de informações no documento publicado, os PCNEM foram completados pelas Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais, ou PCN+. Esse novo documento visava:

(...) contribuir para a implementação das reformas educacionais, definidas pela nova Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional e regulamentadas por Diretrizes do Conselho Nacional de Educação, a presente publicação tem, entre seus objetivos centrais, o de facilitar a organização do trabalho da escola, em termos dessa área de conhecimento. Para isso, explicita a articulação das competências gerais que se deseja promover com os conhecimentos disciplinares e apresenta um conjunto de sugestões de práticas educativas e de organização dos currículos que, coerente com tal articulação, estabelece temas estruturadores do ensino disciplinar na área. Além de abrir um diálogo sobre o projeto pedagógico escolar e de apoiar o professor em seu trabalho, o texto traz elementos para a continuidade da formação

profissional docente na escola. (BRASIL, 2002, p.07)

Com relação ao Ensino Médio, os PCN+ (BRASIL, 2002) reafirmam a ruptura com a dicotomia entre ser uma modalidade de ensino preparatória para a universidade ou ser estritamente profissionalizante, passando a assumir como princípios a preparação para a vida, para a prática da cidadania, para a capacitação ao aprendizado permanente e para o mundo do trabalho.

Muito embora as disciplinas ainda estejam agrupadas em campos de conhecimentos, nos PCN+ (BRASIL, 2002) há um detalhamento de cada disciplina específica, orientando sua forma de trabalho bem como as competências a serem adquiridas ao longo do percurso formativo. O documento traz a autonomia dos sistemas de ensino e da escola à decisão sobre a melhor maneira de desenvolver as competências.

Os PCN+ (BRASIL, 2002) orientam o desenvolvimento de competências relacionadas com o domínio das linguagens científicas e tecnológicas, enfatizando a necessidade de uma abordagem que contemple os aspectos históricos e sociais que culminaram na produção do conhecimento. Portanto, o desenvolvimento de competências está muito além do domínio de conhecimentos biológicos, pois propicia, em tese, a possibilidade do educando de correlacionar tais conhecimentos com os debates contemporâneos, demandas sociais, problemáticas que envolvam a saúde humana, natureza e produção/utilização de recursos naturais.

De acordo com o MEC:

Um ensino por competências nos impõe um desafio que é organizar o conhecimento a partir não da lógica que estrutura a ciência, mas de situações de aprendizagem que tenham sentido para o aluno, que lhe permitam adquirir um instrumental para agir em diferentes contextos e, principalmente, em situações inéditas de vida. Trata-se, portanto, de inverter o que tem sido a nossa tradição de ensinar Biologia como conhecimento descontextualizado, independentemente de vivências, de referências a práticas reais, e colocar essa ciência como “meio” para ampliar a compreensão sobre a realidade, recurso graças ao qual os fenômenos biológicos podem ser percebidos e interpretados, instrumento para orientar decisões e intervenções. Partindo das competências gerais estabelecidas pelos PCNEM, relativamente às disciplinas da área das Ciências da Natureza, detalhamos a seguir uma possível correspondência para as competências na área e em Biologia, seguidas de alguns exemplos explicativos. (BRASIL, 2002, p.36)

Partindo das competências gerais estabelecidas para a área de Ciências da Natureza pelos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (BRASIL, 2002), devem ser desenvolvidas ao longo do Ensino Médio na

disciplinade Biologia:

- a) **Expressão e comunicação:** Símbolos, códigos e nomenclaturas de ciência e tecnologia; Articulação de dados, símbolos e códigos de ciência e tecnologia; Análise e interpretação de textos e outras comunicações de ciência e tecnologia; Elaboração de comunicações; Discussão e argumentação de temas de interesse de ciência e tecnologia.
- b) **Investigação e compreensão:** Estratégias para enfrentamento de situações- problema; Interações, relações e funções, invariantes e transformações; Medidas, quantificações, grandezas e escalas; Modelos explicativos e representativos; Relações entre conhecimentos disciplinares, interdisciplinares e interáreas.
- c) **Contextualização sociocultural:** Ciência e tecnologia na história; Ciência e tecnologia na cultura contemporânea; Ciência e tecnologia na atualidade; Ciência e tecnologia, ética e cidadania.

Concomitantemente ao desenvolvimento destas competências, o conteúdo específico de Biologia é agrupado em seis temas estruturadores que devem ser trabalhados ao longo do Ensino Médio, cabendo aos sistemas de ensino a determinação do momento:

1. Interação entre os seres vivos.
2. Qualidade de vida das populações humanas.
3. Identidade dos seres vivos.
4. Diversidade da vida.
5. Transmissão da vida, ética e manipulação gênica.
6. Origem e evolução da vida.

Estes temas são detalhados nos PCN+ com o intuito de orientar o professor e a escola sobre o que se objetiva em cada um deles. Embora haja esse detalhamento, semelhante ao encontrado em currículos tradicionais, os PCN+ fazem a ressalva constante da necessidade de contextualização do tema trabalhado, articulando com os conhecimentos prévios do aluno e a cultura do entorno escolar.

Bizzo (2004) tece contundentes críticas aos Parâmetros Curriculares no tocante à forma pela qual o ensino de Biologia é apresentado:

No que tange às ciências naturais, os PCN+ introduzem a necessidade de uma unidade de concepção de conceitos-chave, tais como energia, por parte dos professores de Física, Química e Biologia de uma mesma escola. Esta perspectiva é, antes de tudo, pouco prática, o que contraria o declarado compromisso com a realidade das escolas, tomadas como cenário real. Em primeiro lugar, as ciências têm verdadeiras idiosincrasias, que impossibilitam uniformidade e homogeneização. (...) A parte específica de Biologia nos PCN+ constitui-se em verdadeiro manual metodológico, no qual professores podem certamente encontrar numerosas sugestões de como organizar seus cursos. (BIZZO, 2004, p.167-168)

Nascimento (2016) revela que é possível identificar os elementos ontológico, epistemológico, conceitual e histórico-social na formulação destes Parâmetros Curriculares, mas que também existem fragilidades na visão de Biologia apresentada. Para o autor, do ponto de vista ontológico, os documentos expressam, principalmente, concepções mecanicistas, em detrimento da perspectiva histórica, e a discussão filosófica sobre a Biologia está ausente.

Com referência a epistemologia, segundo Nascimento (2016), a discussão sobre o método é inexistente e os aspectos ideológicos na construção do conhecimento não são indicados. Muito embora a abordagem histórica e social da atividade científica e do conhecimento científico seja reconhecida como necessária pelos documentos, estes apenas abordam o conhecimento biológico no contexto contemporâneo. Nascimento (2016) ressalta, também, que há uma posição ideológica na formulação dos parâmetros, na qual se infere a compreensão instrumental do conhecimento científico para permitir a adaptação dos cidadãos à estrutura social vigente, distanciando-se de possibilidades de uma formação crítica voltada para a transformação da realidade.

Apesar das críticas advindas da comunidade científica e dos professores da educação básica, os Parâmetros Curriculares embasam a educação básica até o presente momento, sendo utilizadas como documentos norteadores da construção de currículos pelos sistemas de ensino e na elaboração de materiais didáticos destinados aos alunos. Contudo, os PCNEM e DCNEM não propiciaram melhorias nas condições de trabalho dos professores, não fomentaram a adoção de espaços e tempos para discussões, dificultando qualquer ruptura ou modificações dos métodos de ensino.

Com relação à disciplina de Biologia, embora haja um indicativo desta ter uma abordagem contextualizada e integrada a outras disciplinas curriculares,

verifica-se que ainda há uma excessiva quantidade de conceitos a serem ensinados. O ensino de temas relacionados às células permeia de forma direta ou indireta, todos os seis temas dos PCNEM, caracterizando o conceito Célula como estruturante no ensino de Biologia.

Desta forma, apresentados os alicerces, percursos e disputas em que a disciplina curricular Biologia está inserida, é possível inferir que ela está em constante remodelação, diretamente impactada pelo contexto social no qual está inserida, sendo um substrato essencial para a criação, desenvolvimento e implantação desta pesquisa uma vez que ela abriga o conceito de célula, objeto de estudo desta tese.

No próximo capítulo apresentaremos a Teoria da Aprendizagem Significativa, proposta por David Ausubel, e sua utilização no contexto do ensino de temas relacionados à Biologia celular.

Capítulo 2

2. CONCEITOS E PRINCÍPIOS DA TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

Neste capítulo, apresentaremos os principais elementos da Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS), proposta por David Ausubel.

Iniciamos com uma breve contextualização e retrospectiva da vida deste autor para, posteriormente, apresentarmos os principais elementos da TAS com ênfase nos fatores necessários para que a aprendizagem significativa ocorra e na valorização dos conhecimentos prévios, presentes na estrutura cognitiva dos aprendizes. Finalizaremos ressaltando outros aspectos da TAS, dentre eles a obliteração – ou esquecimento – que é parte do processo de aprendizagem.

2.1. Uma breve retrospectiva da vida e da obra de David Ausubel

David Paul Ausubel nasceu em 25 de outubro de 1918, na cidade de Nova York, Estados Unidos da América. Filho de Herman e Lilian Ausubel, David cresceu no bairro do Brooklyn juntamente com seus dois irmãos, Helliel e Jean (OHLES *et al.* 1997, p. 10).

O pai de David Ausubel, Herman, foi historiador e professor durante 30 anos na Universidade de Colúmbia. Neste período, publicou diversos livros, incluindo o *Historians and their Craft* e *The late Victorians: a Short History*. Em 1976, recebeu a *Distinguished Teacher Award at the School of General Studies*, honraria atribuída por seu carisma e popularidade entre os alunos da universidade (PICCININNI, 1997). A relação de Herman Ausubel com a Universidade de Columbia desde a data de seu ingresso, como estudante, marca sua trajetória profissional. Graduou-se como historiador em 1940, obteve o título de mestre em 1942 e Ph.D. em 1948. Tornou-se professor universitário em 1946 e foi nomeado *full professor* em 1963 (PICCININNI, 1997).

David Ausubel cresceu acompanhando o trabalho do pai na universidade, fato este que pode tê-lo influenciado em sua trajetória acadêmica. Ainda jovem, graduou-se com honras em Psicologia na Universidade da

Pensilvânia, em 1939, e, posteriormente, em 1943, tornou-se médico pela Universidade de Middlesex, tendo atuado no *Gouverneur Hospital* (Departamento de Hospitais da cidade de Nova York). Em 1950, obteve o título de Ph.D. em Psicologia do Desenvolvimento pela Universidade Columbia.

Como médico, Ausubel atuou como cirurgião assistente e foi residente em psiquiatria no *US Public Health Service* integrando a equipe da *United Nations Relief and Rehabilitation Administration* (UNRRA) em Stuttgart, Alemanha. Nesta unidade, eram atendidas pessoas com deficiência após a Segunda Guerra Mundial.

Segundo Ohles *et al* (1997), Ausubel trabalhou na Universidade de Illinois entre os anos de 1950 e 1966, e foi professor de Psicologia, Educação e Medicina Educacional na Universidade de Toronto (1966-1968) antes de ingressar na Universidade de Nova York, na qual criou, em 1975, o curso de doutorado em Psicologia Educacional. Em 1976, foi condecorado com o *Thorndike award by the American Psychological Association* por suas contribuições na área de Psicologia da Educação. Ausubel também atuou como professor nas universidades de Illinois, Toronto, Berna, Munique e Salesiana Di Roma.

Ao longo de sua carreira, David Ausubel publicou diversas obras, dentre as quais: *Ego Development and the Personality Disorders* (1952), *Theory and Problems of Adolescent Development* (1954), *Alcohol and Narcotic Drugs* (1957), *Theory and Problems of Child Development* (1958), *Drug Addiction: Physiological, Psychological, and Sociological Aspects* (1958), *Psychoethnological Study of Cultural Deprivation* (1961), *The Psychology of Meaningful Verbal Learning* (1963), *Readings in the Psychology of Cognition* (1965), *Learning Theory and Classroom Practice* (1963), *Educational Psychology: A Cognitive View* (1968), *School Learning: An Introduction to Educational Psychology* (1969) e *Reading. In School Learning* (1971)

Com grande impacto no contexto educacional, sua obra *The Psychology of Meaningful Verbal Learning*, foi publicada em 1963 e traz à luz uma revolução sobre os mecanismos de aprendizagem e retenção dos conhecimentos na mente humana. Em nítida oposição aos conceitos behavioristas e quanto aos mecanismos pelos quais o ser humano é capaz de aprender e reter conjuntos substanciais de informações, Ausubel coloca o aprendiz como um sujeito ativo no processo de aprendizagem sob o viés do constructo cognitivista:

Em 1963, na minha obra *The Psychology of Meaningful Verbal Learning*, procedeu-se a uma primeira tentativa de apresentar uma teoria cognitiva de aprendizagem significativa em oposição a uma aprendizagem verbal por memorização. Baseava-se na proposição de que a aquisição e a retenção de conhecimentos (particularmente de conhecimentos verbais, tal como por exemplo na escola ou na aprendizagem de matérias) são o produto de um processo activo, integrado e interactivo entre o material de instrução (matérias) e as ideias relevantes da estrutura cognitiva do aprendiz, com as quais as novas ideias estão relacionadas de formas particulares. (AUSUBEL, 2003, p. XI)

De acordo com Moreira e Masini (2001), o cognitivismo adotado por Ausubel baseia-se na premissa de que há uma estrutura na qual a organização e a integração das informações se processam, podendo ser assimiladas, ressignificadas, incorporadas e/ou descartadas da mente humana. Para estes autores:

O cognitivismo procura descrever, em linhas gerais, o que sucede quando o ser humano se situa, organizando o seu mundo, de forma a distinguir sistematicamente o igual do diferente.

Cognição é o processo através do qual o mundo de significados tem origem. À medida que o ser se situa no mundo, estabelece relações de significação, isto é, atribui significados à realidade em que se encontra. Esses significados não são entidades estáticas, mas pontos de partida para a atribuição de outros significados. Tem origem, então, na estrutura cognitiva (os primeiros significados), constituindo-se em "pontos básicos de ancoragem" dos quais derivam outros significados. (MOREIRA e MASINI, 2001, p.13-14)

Com relação à estrutura cognitiva, Novak (2000) a define como sendo um arcabouço de conceitos hierarquicamente organizados, que são representações da experiência sensorial da pessoa. À medida que uma nova experiência é adquirida e um novo conhecimento relaciona-se com conceitos já existentes na mente, estes conceitos são elaborados ou modificados, podendo ser relacionados a um conjunto mais amplo de informações em uma aprendizagem subsequente.

A elucidação dos mecanismos com os quais a mente humana é capaz de assimilar, processar e incorporar informações relevantes são o objeto de estudo da obra *The Psychology of Meaningful Verbal Learning* (AUSUBEL, 1968) que culminam na apresentação da Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS).

2.2. Apresentação da teoria da assimilação da aprendizagem e da retenção significativas

A TAS versa sobre os mecanismos pelos quais o ser humano é capaz de armazenar, correlacionar e utilizar um conjunto de conhecimentos, ou seja, ela

explicita os mecanismos pelos quais o indivíduo é capaz de aprender. Para que a aprendizagem ocorra é necessário que haja o contato com um material potencialmente significativo, que o aprendiz possua uma estrutura cognitiva permeável e apta a receber o novo conhecimento e que apresente predisposição para aprender.

Dialogando diretamente com o universo educacional escolar, para que esta teoria seja compreendida, faz-se necessário definir o que David Ausubel compreende por *educação*. Haja vista que este conceito é polissêmico, adicionalmente, é relevante contextualizar o que o autor apresenta como sendo incumbência da escola.

Ausubel (2003) define educação como sendo:

(...) aprendizagem orientada ou manipulada, direcionada, de forma deliberada, para fins práticos específicos. Estes podem definir-se, em parte, como a aquisição a longo prazo de conjuntos estáveis de conhecimentos (ideias, conceitos, factos), valores, hábitos, capacidades, formas de compreensão, ajustamento e ambição das capacidades cognitivas necessárias para os adquirir. (AUSUBEL, 2003, p.30)

Com o passar do tempo, agregaram-se múltiplos valores e significados à palavra “educação”, que se altera conforme o contexto no qual é empregada. Sendo assim, neste contexto da TAS, a educação pode ser entendida como um evento social em que há compartilhamento de significados cujos episódios de aprendizagem são intencionalmente provocados por seres humanos no intuito de transmitir a cultura entre as gerações (CHROBAK, 2016).

Para Ausubel (2003), a transmissão de conteúdos pode ser considerada a função *mais essencial* da escola e cabe ao professor a seleção destes. Para o autor, a exposição verbal, complementada por apoios empíricos concretos, é a forma mais eficaz de se ensinar matérias a alunos da educação básica e esta metodologia leva a conhecimentos mais sólidos e menos triviais do que em situações em que os estudantes são seus próprios pedagogos.

Nesta perspectiva, a Teoria da Aprendizagem Significativa está alicerçada no constructo cognitivista, e a aprendizagem é compreendida como um processo de armazenamento e condensação - em classes mais genéricas - de um conjunto de informações que são incorporadas à estrutura mental de um ser humano e que, em um momento posterior, podem ser manipuladas e utilizadas pelo indivíduo (MOREIRA, MASINI, 2001).

Sobre o processo de armazenamento, Novak (2000) argumenta que há uma base biológica para a aprendizagem e que esta envolve mudanças no número ou tipos de neurônios participantes. O autor ressalta, também, que o fenômeno psicológico envolve a assimilação de novas informações, e que estas interagem com informações previamente armazenadas dentro de uma estrutura cognitiva.

Moreira (2013) destaca que os *conceitos* estão na base do pensamento humano, do raciocínio e do desenvolvimento cognitivo. Ausubel (2003) define *conceitos* como objetos, acontecimentos, situações ou propriedades que possuem atributos específicos comuns e são designados pelo mesmo símbolo ou signo. Adicionalmente, Novak (1997) define os *conceitos* como entidades que descrevem a regularidade ou relação entre um grupo de fatos. Novos conceitos são assimilados e incorporados na estrutura cognitiva em um processo ativo, idiossincrático e dinâmico.

Contudo, sob o viés da TAS, para que um novo conceito seja incorporado na estrutura cognitiva do aprendiz é necessário que, dentre outros fatores, haja um substrato que propicie a conexão entre o *novo conhecimento* e aquilo que já está previamente armazenado. Este substrato é denominado *subsunçor*.

O subsunçor, ou ideia-âncora, corresponde a uma ideia (conceito ou proposição) mais ampla, que funciona como subordinado de outros conceitos na estrutura cognitiva e como ancoradouro no processo de assimilação (MOREIRA, MASINI, 2001). Para Santos (2013) o subsunçor é uma estrutura específica por meio da qual uma nova informação pode se integrar ao cérebro humano, sendo altamente organizado e detentor de uma hierarquia conceitual que armazena experiências prévias do aprendiz.

A estrutura cognitiva representa um sistema de conceitos, organizados hierarquicamente, que correspondem às representações que um indivíduo faz a partir de sua experiência sensorial (NOVAK, 1997). Para que haja aprendizagem significativa, um dos fatores essenciais é a presença de subsunçores adequadas. Contudo, como estes são formados? Como os subsunçores são incorporados à estrutura cognitiva?

Novak (1981) esclarece que a *formação de conceitos* é o principal processo de aquisição conceitual em crianças pequenas, que corresponde a um tipo de aprendizagem por descoberta, envolvendo a formulação e testagem de hipóteses e generalizações. A partir destes conceitos, os subsunçores são estabelecidos e novos conceitos podem ser incorporados à estrutura cognitiva. Em complementaridade, Ausubel (2003) ressalta que os nomes dos conceitos são adquiridos através da aprendizagem representacional significativa, depois de terem alcançado os significados dos próprios conceitos.

Moreira (2011a) salienta que a criança, nos primeiros anos de vida, é dependente da experiência concreta com exemplos de objetos, eventos e da mediação de adultos para incorporar os primeiros conceitos. Progressivamente, a criança passa a aprender através da ancoragem em seus próprios subsunçores e a mediação passa a ser uma negociação de significados.

A aprendizagem figura como um processo idiossincrático e ativo, no qual há negociação de símbolos/significados e conceitos. Com relação aos processos de aprendizagem, Praia (2000) esclarece que não há unicidade, mas sim diversidade nas formas de aprender, tais como:

- *Aprendizagem por recepção*, através da qual o conteúdo a ser aprendido é apresentado de uma forma mais ou menos final. Está fortemente associada às perspectivas *behavioristas* nas quais o professor, que exerce autoridade face aos seus conhecimentos científicos, transmite as ideias aos alunos, que possuem um papel cognitivo passivo, e estes devem usar sua atividade mental para acumular, armazenar e reproduzir o material ensinado. Para tanto, são frequentes a utilização de reforços que visam produzir mudanças comportamentais nos educandos (VASCONCELOS, PRAIA, ALMEIDA 2003).

Nesta modalidade de aprendizagem, como esclarece Vasconcelos, Praia e Almeida (2003), o aluno porta-se passivamente, de forma acrítica, reproduzindo tarefas e informações sem que haja respeito ao seu ritmo de aprendizagem e/ou desenvolvimento de sua criatividade, o que pode gerar apatia e insegurança. Sendo a figura central, cabe ao professor gerenciar toda a dinâmica da aula, com a delimitação dos objetos de estudo e definição dos objetivos

comportamentais e resultados que se pretende obter.

A aprendizagem por recepção é difundida em muitas escolas até os dias de hoje, muito embora estejam alicerçadas em teorias comportamentalistas do início do século XX.

- *Aprendizagem por descoberta*, na qual o conteúdo principal deve ser descoberto pelo aluno antes que possa ser incorporado à sua estrutura cognitiva. A estratégia de ensino propõe algumas “pistas” sobre o conteúdo final a ser aprendido e não o apresenta em sua forma final (NETO, 2006).

De acordo com a proposição de Bruner (1961), no ensino por descoberta (no qual está baseada a aprendizagem por descoberta) o professor norteia situações de aprendizagem e tarefas, fornecendo-lhes material adequado e apresentando-lhes problemas/questões para serem investigados. Os alunos possuem um papel ativo nesse processo de aprendizagem, construindo seu próprio conhecimento, e cabe ao professor estimulá-los a formular hipóteses frente a um dado problema e a propor soluções. Neves (2015) aponta que, na aprendizagem por descoberta apresenta-se ao aprendiz o conteúdo principal daquilo que deve aprender, de forma mais ou menos final, com recurso expositivo, cabendo ao aluno reorganizar o conjunto de informações de modo a integrá-las ao conhecimento que já possui. Ausubel (2003) ressalta que na aprendizagem por recepção o conteúdo é apresentado de forma tal que o aprendiz apenas necessita compreender e lembrar, enquanto na aprendizagem por descoberta o aprendiz deve, em primeiro lugar, descobrir este conteúdo e elaborar proposições que representem soluções para os problemas suscitados ou passos sucessivos para a resolução dos mesmos.

- *Aprendizagem mecânica*, que ocorre quando há aquisição de informações com pouca ou nenhuma intersecção com conceitos ou proposições relevantes existentes na estrutura cognitiva (MOREIRA, MASINI, 2001). Caracteriza-se pela não interação entre a nova informação e os subsunçores específicos presentes, ou seja, o conhecimento adquirido fica arbitrariamente distribuído na estrutura cognitiva (MOREIRA, MASINI,

2001). Cabe ressaltar que a aprendizagem significativa e a aprendizagem mecânica não são opostas, dicotômicas, mas estão dispostas em um mesmo *continuum*. Para Ausubel (2003), apesar de existirem diferenças marcantes estas duas formas de aprendizagem em muitas situações podem colocar-se facilmente num contínuo memorização-significativo, tais como, por exemplo, quando ocorre a aprendizagem representacional na qual o processo engloba elementos significativos de relação arbitrária e literal para com o próprio referente na estrutura cognitiva.

- *Aprendizagem significativa* é aquela em que as ideias expressas simbolicamente interagem de maneira substantiva e não arbitrária com aquilo que o aprendiz já sabe (MOREIRA, 2011). Esta pressupõe a existência de conceitos e proposições relevantes na estrutura cognitiva, predisposição para aprender e um material de aprendizagem potencialmente significativo (MOREIRA, MASINI, 2001). Por constituir o referencial teórico desta pesquisa, a Teoria da Aprendizagem Significativa será apresentada em detalhes ao longo deste capítulo.

2.2.1. Saberes e Concepções

Durante o processo de ensino e aprendizagem há um constante diálogo e uma disputa entre o conjunto de informações que os estudantes possuem e o conjunto de informações que o ambiente de aprendizagem visa compartilhar, afinal, aquele que aprende não é uma folha em branco, desprovido de vivências e informações, mas um ser humano dotado de racionalidade e de um conjunto de conhecimentos previamente aprendidos.

De acordo com Fortoul-Ollivier (2017),

(...) o sujeito está situado em um contexto que o nutre e é nutrido por ele: é uma relação bidirecional que permite seu próprio desenvolvimento, de sua família e de seu trabalho/atividade econômica em um círculo mais próximo e dos entornos naturais e sociais – comunidade/demarcção geográfica estatal, nacional e continental em círculos mais amplos. (FORTOUL-OLLIVER, 2017, p. 174, tradução nossa)

No contexto escolar, a produção de saberes ocorre em meio a um conjunto amplo de influências advindas do ambiente extraescolar. Neste aspecto Cerri (2014) ressalta que:

A produção de saberes escolares se dá num contexto em que as potencialidades e dificuldades de aprendizagem estão postas sobre a percepção e conceitualização do tempo, a capacidade de abstração, a presença de regimes próprios de verdade e de validade ou utilidade dos discursos por parte dos alunos. (...) A produção de saberes não se dá numa escola idealizada para bem ou para mal, dá-se com sujeitos reais em condições idem, que frequentemente não são as ideais. (CERRI, 2014, p.112)

Para que se possa estabelecer um compartilhamento de informações entre as pessoas envolvidas, faz-se necessário o levantamento das concepções e saberes pelos entes apresentados, bem como o significado destes conceitos. De acordo com Giordan e Vecchi (1996), as *concepções* correspondem a modelos explicativos subjacentes, presentes na estrutura cognitiva do estudante, e estão situadas no cerne dos problemas de aprendizagem.

Santos (1991) define “concepções” como sendo representações pessoais que dependem do contexto em que emergem e que são compartilhadas por grupos de alunos. Tendo em vista o conhecimento científico, algumas concepções podem estar em desacordo com o que é estabelecido pela Ciência em dado momento histórico/social/político. Estas concepções figuram como formas de pensar alternativas aos conceitos científicos vigentes, ou seja, são concepções alternativas. A autora define as concepções alternativas (CA) como sendo designações que sugerem diferenças qualitativas entre as representações dos alunos e os conceitos científicos vigentes. Para Santos (1991), o adjetivo “alternativas” é utilizado para reforçar a ideia de que tais concepções não têm estatuto de conceito científico. Estas concepções resistem ao ensino formal e podem se transformar em obstáculos à aprendizagem.

Com relação às concepções alternativas, Arroio (2006) discrimina a existência de cinco variedades, sendo:

- **Noções preconcebidas** são concepções populares enraizadas nas experiências cotidianas;
- **Crenças não científicas** incluem as lições aprendidas pelos estudantes

de outras fontes que não a educação científica, como os ensinamentos religiosos ou míticos;

- **Erros conceituais** aparecem quando as informações científicas são ensinadas aos estudantes de uma forma que não provoquem um conflito ou confronto entre suas noções preconcebidas e crenças não-científicas. Como resultado desta confusão, estudantes constroem modelos falhos que podem ser fracos e os deixam inseguros sobre suas concepções;
- **Concepções alternativas vernaculares** são provenientes do uso de palavras que apresentam um significado no cotidiano e outro no contexto científico, por exemplo, a palavra “trabalho” cujas diferenças de significado, em Física e no dia a dia, podem conduzir a erros conceituais importantes;
- **Concepções alternativas factuais** são falsidades frequentemente aprendidas desde a infância e que permanecem até a vida adulta, tais como, por exemplo, a ideia de que “um raio nunca cai duas vezes no mesmo lugar”. Muito embora a probabilidade deste evento ocorrer seja baixa, não há nenhum impedimento ou explicação científica que corrobore esta ideia.

Segundo Yurén (2005), os Saberes correspondem à exteriorização os conhecimentos e a aprendizagens construídos internamente no sujeito. Complementando, Bombassaro (1992) relata que o termo “saber” é polissêmico, sendo possível interpretá-lo de forma diferenciada de acordo com o contexto em que está inserido. Para este autor, em uma das possibilidades de significado, a palavra “saber” está associada a “crer”, sendo assim, aquele que “sabe” “crê” em algo, ou seja, apresenta um grau elevado de confiança naquilo que expressa. Outra possibilidade de significado da palavra saber corresponde à dimensão de ser hábil em realizar determinada tarefa. Em referência ao trabalho de Furió (1994), Cunha (2007) ressalta que os saberes (também designados como conhecimentos) podem ser classificados em três grupos:

- **conhecimento declarativo** - também chamado descritivo ou factual, por meio do qual sabemos expressar em forma de proposições o que acontece ou o que pensamos sobre um determinado conceito. Este tipo de saber ou conhecimento, procura responder ao que é, o que acontece, de forma descritiva;
- **conhecimento processual ou procedimental** - relativo às habilidades ou destrezas que dominamos e que, em geral, se demonstram por meio da ação de um saber-fazer. Este tipo de conhecimento se manifesta quando se responde ao como se faz uma coisa e, em geral, se pode demonstrar fazendo-a. Existe também quando se expressam os argumentos de uma resposta em forma proposicional;
- **conhecimento explicativo** – que leva ou implica no domínio de teorias (compreendidas como construções dinâmicas de hipóteses entrelaçadas) que dão significado e profundidade aos dois tipos de conhecimentos anteriores e se caracteriza por seu poder predicativo. Este tipo de conhecimento responde ao porquê dos fatos, conceitos etc., e pode ser considerado um pensamento causal (CUNHA, 2007, p.33)

Tendo em vista a multiplicidade de concepções e saberes apresentadas por todos os sujeitos que permeiam o ambiente escolar, Abud (2007), ressalta que

Não se pode reduzir o saber escolar ao conhecimento acadêmico transposto, aos manuais, nem aos programas, nem aos projetos de ensino, ao conhecimento prévio do aluno, às relações dos professores com a disciplina, mas são esses elementos que contribuem para sua definição e que serão necessários para que se faça a necessária reformulação curricular no cotidiano da sala de aula (ABUD, 2007, p. 115)

Os aprendizes trazem consigo impressões e vivências, experiências estas que impactarão de forma significativa a maneira pela qual se apropriam de novos conhecimentos. O processo de ressignificação é idiossincrático e não replicável, sendo assim, em uma situação de ensino e aprendizagem é indispensável o levantamento de tais conhecimentos para que o intercâmbio de informações entre as pessoas envolvidas possa se realizar de forma benéfica.

2.2.2. Fatores necessários para que ocorra a aprendizagem significativa

No contexto escolar, múltiplos são os fatores que podem influenciar no processo de ensino aprendizagem, tais como: os materiais didáticos, o currículo, a formação dos professores, seja esta inicial e continuada, o que envolve o ensino nas universidades, a estrutura escolar e a motivação dos estudantes em aprender. No entanto, reiteramos, a aprendizagem corresponde a um processo dinâmico, interativo, idiossincrático e que envolve a aquisição de novos significados a partir da exposição a um material e/ou a uma situação em que as trocas de conhecimento entre seres humanos seja constante.

Sob o viés da teoria ausubeliana, a aprendizagem se processa de maneira receptiva, mas não de forma meramente passiva pois a aprendizagem significativa é um processo ativo e a receptividade refere-se apenas ao fato de que aluno não tem a obrigação de, por ele próprio, “descobrir” o conteúdo da aprendizagem com a finalidade de aprendê-la e usá-la significativamente (PRAIA, 2000).

Para que a aprendizagem possua maior potencialidade de se tornar significativa, Ausubel e colaboradores salientam que

(...) se quiséssemos reduzir a psicologia educacional em um único princípio este seria: O fator isolado mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já conhece. Descubra o que sabe e baseie nisso seus ensinamentos. (AUSUBEL *et al*, 1980, p.137)

De acordo com Moreira (2011a), Ausubel tomou como premissa que se fosse possível isolar uma única variável como sendo a que mais influenciava a aprendizagem e esta seria o conhecimento prévio do aprendiz. Desta forma, na perspectiva da Teoria da Aprendizagem Significativa, torna-se essencial o levantamento das ideias apresentadas pelos discentes acerca de um determinado tema antes de introduzi-lo no contexto escolar.

Outro fator essencial para que a aprendizagem significativa ocorra é a presença de *ideias âncoras* relevantes que possam relacionar-se com o novo material. Masini e Moreira (2001) destacam:

Ausubel denomina *subsunçores*, ou conceitos subsunçores, esses conhecimentos prévios que em um processo interativo servem como “ancoradouros” ou “ideias-âncoras” para dar significado a novos conhecimentos. Considerando que subsumir significa “acolher”, “aceitar”, os subsunçores são conhecimentos que “acolhem”, “aceitam”

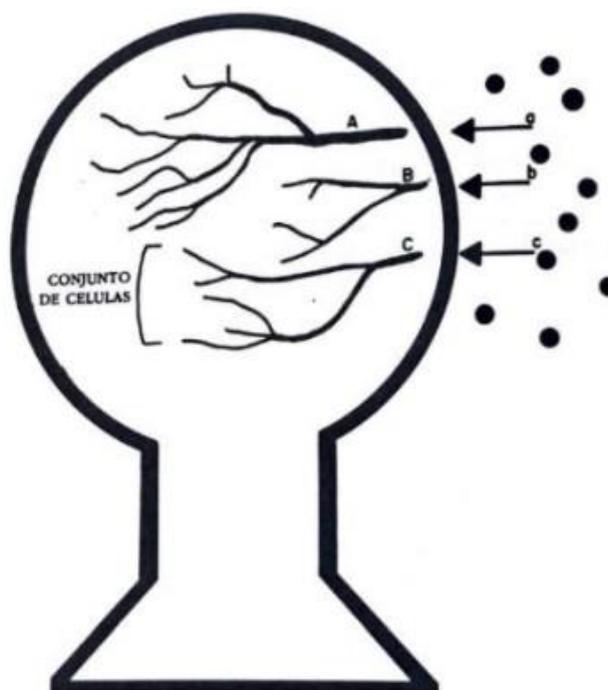
novos conhecimentos, mas ao fazer isso podem modificar-se, “tomar” novos significados, ficarem mais estáveis e diferenciados, mais capazes de subsumir, “ancorar”, outros conhecimentos que vão sendo “apresentados”, que vão sendo recebidos (aprendizagem receptiva) por quem aprende, sem necessidade de descobri-los. (MASINI; MOREIRA, 2017, p. 25)

Moreira (2011a) define os subsunçores como conhecimentos prévios e especificamente relevantes para a aprendizagem de outros conhecimentos. Portanto, na estrutura cognitiva, um novo conceito só será incorporado se houver a presença de subsunçor em que possa ser ancorado. Por sua vez, Novak (1997) salienta que a nova informação, quando aprendida, promove mudanças nas células cerebrais e, em muitos casos, tais células são as mesmas que armazenavam informações similares ao novo conhecimento. Para este autor,

A base *biológica* da aprendizagem significativa supõe a existência de mudanças no número ou nas características dos neurônios que participam do processo ou no conjunto de célula envolvidos; o fenômeno *psicológico* supõe a assimilação de uma nova informação por uma estrutura específica de conhecimento já existente na estrutura cognitiva do indivíduo. Ausubel define estas entidades psicológicas como *conceitos subsunçores* existentes na estrutura cognitiva (...). (NOVAK, 1997, p. 72)

Esse processo está ilustrado na Figura 1:

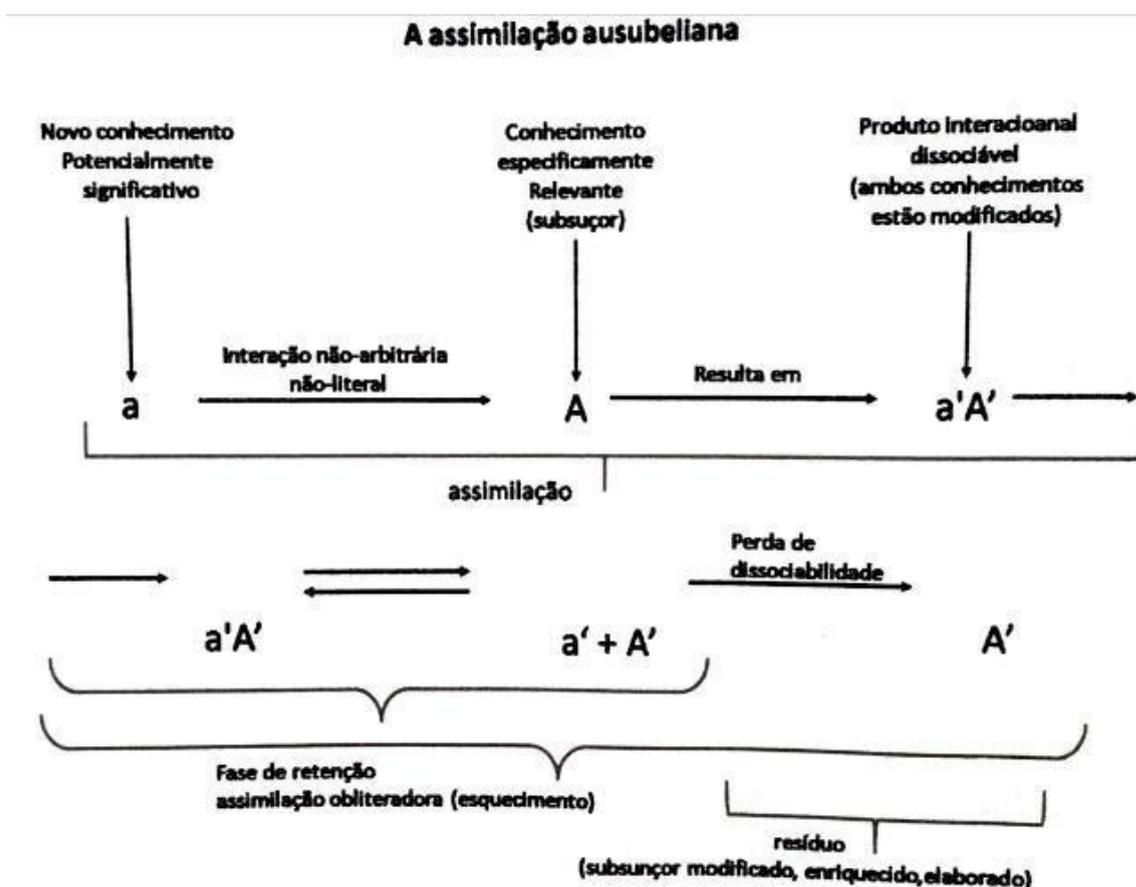
Figura 1: Processo de incorporação de um novo conceito na estrutura cognitiva



Retirado: Novak (1997, p.72)

Ausubel (2003, p. 1) destaca que o conhecimento a ser adquirido deve ser relacionado de forma *não arbitrária* (plausível, sensível e não aleatória) e *não literal* com *qualquer* estrutura cognitiva apropriada e relevante. Sendo assim, além de haver subsunçores apropriados para a ancoragem, o novo conhecimento não pode conectar-se a qualquer subsunçor, mas uma vez ancorado ao subsunçor adequado, modifica-se e o modifica. Este processo pode ser acompanhado na Figura 2:

Figura 2: Processo de aprendizagem significativa subordinada



Neste caso, o subsunçor é o novo conhecimento que sofre modificações e é a maneira pela qual estas modificações se processam na estrutura cognitiva que define o tipo de aprendizagem significativa. Ausubel (2003) ressalta que há três tipos: a *subordinada*, a *superordenada* e a *combinatória*. A caracterização destes tipos de aprendizagem significativa será descrita, adiante, na Seção 2.2.3.

Ausubel (2003) destaca que a capacidade de assimilar ideias potencialmente significativas depende, também, da *prontidão cognitiva*, ou seja, da disponibilidade de ideias e matérias específicas bem-organizadas. Essa *prontidão* está diretamente relacionada com o grau de *maturidade cognitiva* apresentada pelo indivíduo. O autor ressalta, também, que o adiantamento de experiências de aprendizagem e/ou exposição prematura a conteúdos que estão além da capacidade de assimilação e compreensão dos aprendizes podem desencadear sentimentos negativos nos alunos, podendo levá-los a temer, desgostar ou até mesmo evitar determinadas disciplinas.

Outro fator essencial para que se promova uma situação de aprendizagem com potencial de se tornar significativa é a escolha do material pedagógico a ser empregado. Os materiais não são significativos em si, mas apresentam a potencialidade de se tornarem significativos. Esta potencialidade decorre da interação com o ser humano que aprende.

Caso os materiais de aprendizagem (tarefa) se considerassem simplesmente já significativos, o processo de aprendizagem (apreensão e criação de significados dos mesmos e torná-los funcionalmente disponíveis) seria completamente supérfluo; o objectivo da aprendizagem estaria, obviamente, já concretizado, por definição, antes de sequer se tentar qualquer aprendizagem, independentemente do tipo de mecanismo de aprendizagem empregado ou da existência de conhecimentos anteriores relevantes na estrutura cognitiva. (AUSUBEL, 2003, p. 57)

Para Moreira e Masini (2001), o material deve ser relacionável com a estrutura cognitiva de forma não arbitrária e não literal, ou seja, o material deve ter lógica e ser compreensível para o aprendiz. Para estes autores, faz-se necessário também que haja uma *intencionalidade intrínseca em aprender*, ou seja, o estudante deve estar disposto a relacionar o novo material com os conhecimentos que já possui, deve estar disposto a aprender e não apenas a memorizar um determinado conteúdo ou procedimento operacional para reproduzir em uma avaliação.

Sendo assim, o aprendiz deve apresentar a predisposição e a vontade de aprender, além de possuir os subsunçores adequados para a ancoragem do novo conhecimento e estar em contato com materiais potencialmente significativos. Moreira (2011a) argumenta que o ensino requer reciprocidade, porém aprender

significativamente é uma responsabilidade do aluno que não pode ser compartilhada pelo professor.

2.2.3. Influência da linguagem no processo de aprendizagem significativa

De acordo com Ausubel (2003), a aprendizagem por recepção verbal significativa é, praticamente, o modo mais importante de aquisição e retenção de conhecimentos. A Teoria da Aprendizagem Significativa considera a linguagem como uma componente promotora da aprendizagem significativa, sendo o meio mais eficiente de ensinar e de levar a um conhecimento mais seguro e menos trivial (PRAIA, 2000).

Em muitas situações, os conteúdos escolares são expostos e cobrados de forma a serem memorizados, o que pode gerar alguns percalços na aquisição de significados. Para Ausubel (1968):

Algumas das práticas mais flagrantemente absurdas empregues neste tipo de ensino incluem as seguintes: (1) uso prematuro de técnicas verbais em alunos imaturos em termos cognitivos; (2) apresentação arbitrária de factos não relacionados sem quaisquer princípios de organização ou de explicação; (3) fracasso na integração de novas tarefas de aprendizagem com materiais potencialmente apresentados; (4) uso de procedimentos de avaliação que apenas avaliam a capacidade de se reconhecerem factos discretos, ou de se reproduzirem ideias pelas mesmas palavras ou no contexto idêntico ao originalmente encontrado. (AUSUBEL, 2003, p.51)

Segundo Ausubel (2003), na ausência da linguagem, a aprendizagem seria um processo bastante rudimentar, o que a caracteriza como uma ferramenta que desempenha um papel integral e operativo no raciocínio humano.

Novak (1996) destaca que os seres humanos parecem ser os únicos animais a possuir a capacidade de inventar e utilizar uma linguagem (ou símbolos) para se comunicar, sendo esta uma capacidade inata desta espécie. Desde muito pequenas, as crianças aprendem que a linguagem apresenta propriedades representativas, iniciando-se o processo de aprendizagem representacional.

A aprendizagem representacional envolve a atribuição de significados a símbolos, objetos, eventos e conceitos que, desta forma, constitui um tipo de aprendizagem significativa, uma vez que envolve a atribuição de significados a símbolos e palavras (ZOMPERO, LABURU, 2010).

De acordo com Praia (2000), a aprendizagem representacional figura como a forma mais basal da aprendizagem significativa uma vez que se refere à aprendizagem de símbolos individuais (geralmente palavras) ou do que eles representam. Para este autor, a aprendizagem representacional:

Ocorre quando se estabelece uma equivalência entre os símbolos arbitrários e os seus referentes correspondentes (objectos, exemplos, conceitos), passando a remeter o indivíduo ao mesmo significado.

Trata-se de um tipo de aprendizagem significativa, na medida em que as proposições de equivalência proposicional podem ser relacionadas, enquanto exemplos, a generalizações que aparecem, nos primeiros anos de vida, na estrutura cognitiva do indivíduo—tudo tem um nome e o nome significa aquilo que o seu referente significa para uma determinada pessoa. (PRAIA, 2000, p.125)

Ausubel (2003) considera a linguagem como essencial no processo de aprendizagem representacional pois é através dela que o signo e o significado se conectam, criando um substrato para que ocorra a aprendizagem significativa por recepção e/ou por descoberta. Trata-se de um processo individual no qual a construção de significados é idiossincrática e alicerçada pela linguagem uma vez que:

Aumentando-se a manipulação de conceitos e de proposições, através das propriedades representacionais das palavras, e aperfeiçoando compreensões subverbais emergentes na aprendizagem por recepção e pela descoberta significativas, clarificam-se tais significados e tornam-se mais precisos e transferíveis. Por conseguinte, ao contrário da posição de Piaget, a linguagem desempenha um papel integral e operativo (processo) no raciocínio e não meramente um papel comunicativo. Sem a linguagem, é provável que a aprendizagem significativa fosse muito rudimentar (ex.: tal como nos animais). (AUSUBEL, 2003, p. 5)

Muito além da mera memorização de palavras, a aquisição de uma linguagem requer um exercício de raciocínio contínuo e dinâmico em que se adquire um determinado “saber”. Para Giordan e Vecchi (1996), o “saber” refere-se à capacidade do aprendiz em utilizar o conhecimento adquirido para resolver um determinado problema e/ou aclarar uma situação.

Praia (2000) destaca que a realidade é filtrada através de uma estrutura conceitual que permite a comunicação entre os indivíduos. Para este autor, a comunicação é realizada pela emergência do significado através de uma relação entre a entidade e o signo verbal que a representa e, portanto, a linguagem não desempenha apenas um papel comunicativo, mas, ainda, um papel integral e operacional.

A chave para a compreensão de um determinado conhecimento, de um conteúdo, ou mesmo de uma disciplina é conhecer sua linguagem, uma vez que o conhecimento é uma linguagem (MOREIRA, 2011). Aprender o significado de um dado conhecimento implica em dialogar, trocar, compartilhar, sejam estas informações científicas ou empíricas. A aprendizagem não é uma atividade que poder ser compartilhada, pois é uma questão individual, mas os significados podem ser compartilhados, discutidos, negociados e estão sujeitos a um consenso (NOVAK, 1996).

Múltiplas são as situações de aprendizagem em que se faz necessária a introdução de conceitos que requerem vocábulos específicos para serem compreendidos. Muitos destes vocábulos são desconhecidos para os estudantes, fazendo-se imprescindível uma adaptação entre o universo semântico dos alunos e os novos termos. Contudo, cabe ressaltar que a terminologia empregada pelo docente pode atuar como uma barreira comunicativa, dificultando a aquisição conceitual.

Em diversas disciplinas escolares faz-se necessária a aquisição de conhecimentos relativos a um modelo científico. Veglia (2007) define estes modelos como sendo a reunião de conceitos, experiências, tipos de linguagem etc. que são utilizados para explicar um determinado fenômeno. Para esta autora, com o passar dos anos há um incremento de complexidade aos modelos científicos, estabelecendo-se relações com outros modelos, de tal forma que seria conveniente identificar os modelos mais relevantes e ensiná-los de maneira recursiva, com aumento de complexidade, ao longo da escolaridade.

Para Osborne e Freyberg (2014), a insistência do professor no uso correto das palavras, sem que os alunos estejam familiarizados e sem que estas sejam explicadas no “idioma” deles, inviabiliza a compreensão daquilo que está sendo dito, ou seja, faz com que o aluno fique à deriva, dificultando a compreensão daquilo que é proposto.

Tendo em vista a importância da linguagem no processo de aprendizagem, seria possível evitar eventuais percalços decorrentes de sua utilização inadequada em sala de aula? Obviamente, não há uma resposta padrão para esta pergunta, não há uma receita com aplicabilidade nas mais diversas

configurações escolares. No entanto, a partir da compreensão do conceito de linguagem e de sua relevância para aquele que aprende, pode-se mitigar alguns problemas enfrentados em sala de aula. De acordo com Moreira (2003):

Cada linguagem, tanto em termos de seu léxico como de sua estrutura, representa uma maneira singular de perceber a realidade. Praticamente tudo o que chamamos de “conhecimento” é linguagem. Isso significa que a chave da compreensão de um “conhecimento”, ou de um “conteúdo” é conhecer sua linguagem. Uma “disciplina” é uma maneira de ver o mundo, um modo de conhecer, e tudo o que é conhecido nessa “disciplina” é inseparável dos símbolos (tipicamente palavras) em que é codificado o conhecimento nela produzido. Ensinar Biologia, Matemática, História, Física, Literatura ou qualquer outra “matéria” é, em última análise, ensinar uma linguagem, um jeito de falar e, conseqüentemente, um modo de ver o mundo. (MOREIRA, 2003, p.55)

Sendo a linguagem o meio vital para comunicação entre humanos, para que haja reciprocidade e compreensão, para que um determinado conhecimento possa ser transmitido a outro indivíduo, torna-se imprescindível que a comunicação seja feita de forma plausível ao receptor. A partir desta comunicação, ancoram-se novas palavras e conceitos, intrínsecos de uma determinada disciplina, incrementado assim o repertório de conhecimentos.

2.2.4. Tipos e formas de Aprendizagem Significativa

Como afirma Praia (2000), a teoria de Ausubel se pauta na aprendizagem cognitiva, segundo a qual as informações são armazenadas, de forma organizada, na mente do sujeito que aprende. Este deve estar disposto a aprender e a integrar a nova informação aos conhecimentos previamente adquiridos. Muito embora seja essencial a predisposição em aprender, a presença de subsunçores adequados e a utilização de materiais potencialmente significativos, a aprendizagem não ocorre de forma estanque.

Segundo Moreira (2011a) existem três formas de aprendizagem significativa: por *subordinação (subsunção)*, por *superordenação (subordinante)*, e de modo *combinatório*.

Pode-se caracterizar a *aprendizagem significativa subordinada* como sendo o momento em que os novos conceitos, potencialmente significativos, adquirem significado através de um processo de ancoragem em conhecimentos existentes na estrutura cognitiva daquele que aprende (MOREIRA, 2011). Tal

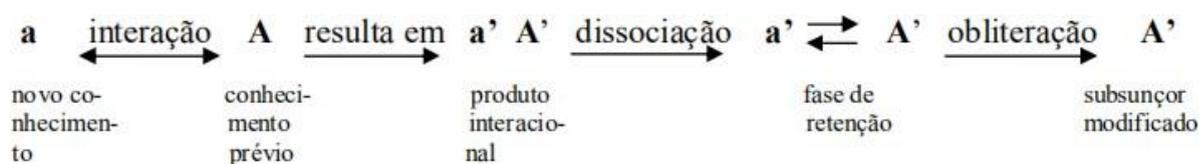
aprendizagem pode ser denominada derivativa, caso o material de aprendizagem apenas exemplifique ou apoie uma ideia já existente na estrutura cognitiva, ou correlativa, no caso de ser uma extensão, elaboração, modificação ou qualificação de proposições anteriormente apreendidas (AUSUBEL, 2003).

De acordo com Praia (2000),

Quando o novo material é entendido como um exemplo específico de conceitos estabelecidos na estrutura cognitiva ou, se simplesmente, é corroborante e ilustrativo de algum conceito ou proposição preexistentes, com estabilidade e inclusividade, na estrutura cognitiva, a aprendizagem subordinada é designada derivativa. Se o material a ser aprendido é uma extensão, elaboração, modificação, ou qualificação de conceitos ou proposições previamente adquiridos significativamente, a aprendizagem subordinada é correlativa. (PRAIA, 2000, p.126)

Moreira (2008) esquematiza a aprendizagem significativa subordinada como apresentado na Figura 3:

Figura 3: representação da aprendizagem significativa subordinada



Retirado: Moreira (2008)

Nesta ilustração, as ideias subordinantes preexistentes, designadas como conhecimento prévio “**A**”, fornecem ancoragem à aprendizagem significativa de novas informações, designadas como novo conhecimento “**a**”. Contudo, cabe ressaltar que o processo de ancoragem gera modificações em ambos os conhecimentos uma vez que há integração entre essas informações, e não apenas uma mera deposição do conhecimento “**a**” na estrutura cognitiva do aprendiz. O subsunçor modificado **A'** é o resultante desta interação, sendo uma versão distinta e ressignificada de **A** e **a**. De acordo com Moreira (2008),

Como se trata de um processo interativo, nele ambos os conhecimentos, novos e prévios, se modificam: os novos conhecimentos adquirem significados e os prévios ficaram mais elaborados, mais ricos em significados, mais estáveis cognitivamente e mais capazes de facilitar a aprendizagem significativa de outros conhecimentos. (MOREIRA, 2008, p.03)

Moreira (2008) ressalta que a interação cognitiva entre **a** e **A** deve ser mediada pela interação social que em uma situação de ensino e aprendizagem esta interação é representada pelas relações entre professor e aluno ou entre alunos.

Por sua vez, apesar de pouco frequente, a *aprendizagem superordenada* envolve processos de abstração, indução e síntese, que levam a novos conhecimentos e que passam a subordinar aqueles que lhes deram origem (MOREIRA, 2011). Esta forma de aprendizagem ocorre quando conceitos ou proposições potencialmente significativos mais abrangentes são relacionados, passando a subordinar proposições ou conceitos já estabelecidos na estrutura de conhecimento (PRAIA, 2000).

Ausubel (2003) descreve que esta forma de aprendizagem ocorre quando uma nova proposição se relaciona com ideias subordinadas específicas da estrutura cognitiva existente, ou com um vasto conjunto de ideias antecedentes, geralmente relevantes, da estrutura cognitiva que se podem subsumir de igual modo. Para este autor,

A aprendizagem subordinante ocorre no decurso do raciocínio indutivo, quando se organiza o material apresentado de forma indutiva e se dá a síntese de ideias componentes, e na aprendizagem de abstrações de ordem superior. A aquisição de significados subordinantes ocorre de um modo mais vulgar na aprendizagem conceptual do que na proposicional, tal como quando as crianças aprendem que os conceitos familiares cenouras, ervilhas, feijões, beterrabas e espinafres se podem subordinar todos ao novo conceito subordinante 'vegetal', embora sejam diferentes em termos perceptuais. (AUSUBEL, 2003, p.95)

Em suma, o novo conceito a ser aprendido é mais geral e inclusivo que os subsunções existentes na estrutura cognitiva. Para Ausubel, Novak e Hanesian (1980) a nova aprendizagem será superordenada quando se aprende uma nova proposição inclusiva que condicionará o surgimento de várias ideias, ocorrendo no curso do raciocínio ou quando o material apresentado é organizado indutivamente, ou envolve a síntese de ideias compostas.

A *aprendizagem combinatória* decorre de novas combinações de ideias anteriormente apreendidas e que se podem relacionar, de forma não arbitrária, a um amplo conjunto anterior de conteúdos, geralmente relevantes na estrutura cognitiva, em virtude da congruência geral dos mesmos em relação ao novo conteúdo como um todo (AUSUBEL, 2003).

Desta forma, a atribuição de significados a um novo conhecimento implica interação com vários outros conhecimentos já existentes sem que haja subordinação nem superordenação a nenhum deles (MOREIRA, 2011), mas sim uma combinação entre essas duas formas de aprendizagem significativa. Desta forma, na aprendizagem combinatória, o conteúdo a ser adquirido não é subordinado ou superordenado a apenas um subsunçor.

Também é possível estabelecer a existência de três tipos de aprendizagem por recepção significativa: a *aprendizagem representacional* (de representações), a *aprendizagem conceitual* (de conceitos) e a *aprendizagem proposicional* (de proposições) (AUSUBEL, 2003).

Na *aprendizagem representacional* ocorre a internalização de símbolos individuais, geralmente palavras, ou do que eles representam, estabelecendo-se uma equivalência entre símbolos arbitrários e seus referentes correspondentes, remetendo o indivíduo ao mesmo significado, ou seja, o estudante internaliza e correlaciona um nome a um determinado significado (PRAIA, 2000).

A aprendizagem representacional constitui um tipo de aprendizagem significativa que envolve a atribuição de significados a símbolos e palavras (ZOMPERO, 2010). Isto quer dizer que determinados símbolos representam ou possuem um significado equivalente a determinados referentes (AUSUBEL, 2003). A aprendizagem representacional está muito mais próxima da memorização do que a aprendizagem conceitual ou a proposicional, uma vez que o processo engloba elementos significativos de relação arbitrária e literal para com o próprio referente na estrutura cognitiva (AUSUBEL, 2003).

Este tipo de aprendizagem corresponde ao modo mais primordial de atribuição de significado a símbolos, de tal forma que os demais tipos de aprendizagem dela dependem. A título de exemplificação, uma criança pequena aprende que o objeto no qual recebe o leite é chamado de *mamadeira*, ou seja, atribuiu um nome/som àquela figura material específica, que está presente em seu ambiente e com a qual possui contato direto. Assim, ao ouvir a palavra “mamadeira” ela terá em sua mente a imagem do objeto correspondente. Em outras palavras, o símbolo passa a significar para o indivíduo aquilo que seus referentes significam.

A *aprendizagem conceitual*, ou aprendizagem de conceitos, está relacionada a regularidades em eventos ou objetos (MOREIRA, 2011). Representam abstrações dos atributos criteriais dos referentes ou regularidades em eventos ou objetos (PRAIA, 2000). Os conceitos também podem ser representados por símbolos individuais, da mesma forma que outros referentes unitários, e com exceção do caso de aprendizes muito jovens, a maioria das palavras individuais são combinadas em forma de frases para constituírem proposições, representando, na verdade, conceitos e não objetos ou situações particulares (AUSUBEL, 2003). A aprendizagem conceitual pode ocorrer por subordinação, superordenação ou combinação, relativamente a conhecimentos prévios existentes na estrutura cognitiva (MOREIRA, 2013).

Ausubel (2003) destaca que:

Estes dois tipos de aprendizagem significativa (conceitual e proposicional) diferem na medida em que, no primeiro caso, os atributos de critérios de um novo conceito se relacionam com as ideias relevantes na estrutura cognitiva, para darem origem a um novo significado genérico, mas unitário, ao passo que, no último caso, uma nova proposição (ou ideia compósita) se relaciona com a estrutura cognitiva para dar origem a um novo significado compósito. São ambas muito diferentes da aprendizagem representacional, muito embora a aprendizagem conceptual seja, geralmente, seguida por uma forma de aprendizagem representacional na qual o conceito recentemente apreendido se equaciona em termos de significado com a palavra conceptual que o representa. (AUSUBEL, 2003, p.85)

Retomando ao exemplo da mamadeira, a internalização cognitiva conceitual de um objeto se faz por meio de sua significação. Na aprendizagem conceitual a criança internaliza o conceito de mamadeira, ou seja, compreende que existem outros objetos com formas e funções similares que recebem a mesma denominação (embora possam ter aparência um pouco diferente – outras cores, tamanhos e formatos de bicos - apresentam a mesma função).

Moreira exemplifica a aprendizagem conceitual através do conceito de

mesa:

(...) quando uma pessoa tem o conceito de mesa, o símbolo mesa representa uma infinidade de objetos (não apenas um como no caso da aprendizagem representacional) com determinados atributos, propriedades, características comuns. No entanto, para chegar ao conceito de mesa, provavelmente, o sujeito passou por representações de mesa. Por outro lado, uma vez construído o conceito, ele passa a ser representado por um símbolo, geralmente linguístico. (MOREIRA, 2013, p.15)

Outra forma de aprendizagem, a *proposicional*, consiste em aprender os significados das ideias expressas por grupos de palavras, geralmente representando conceitos, combinadas em proposições ou sentenças (PRAIA, 2000). Implica atribuir novos significados, expressos na forma de uma proposição (MOREIRA, 2011).

Ausubel (2003) destaca que a aprendizagem proposicional se refere aos significados de ideias expressas por grupos de palavras combinados em proposições ou frases, e envolve, em grande parte, a aprendizagem do significado de uma ideia composta, cada uma delas representando, de um modo geral, um conceito. Em suma, a tarefa de aprendizagem significativa consiste em apreender o significado de novas ideias expressas na forma proposicional.

Em comparação com a aprendizagem representacional, Ausubel (2003) relata que a aprendizagem significativa de proposições verbais é semelhante à aprendizagem representacional na medida em que surgem novos significados após uma tarefa de aprendizagem potencialmente significativa e esta relaciona-se e interage com ideias relevantes existentes na estrutura cognitiva, porém

(...) a tarefa de aprendizagem, ou proposição potencialmente significativa, consiste numa ideia compósita que se expressa verbalmente numa frase que contém significados de palavras quer denotativos, quer conotativos, e nas funções sintáticas e nas relações entre as palavras. O conteúdo cognitivo distinto que resulta do processo de aprendizagem significativa, e que constitui o seu significado, é um produto interactivo do modo particular como o conteúdo da nova proposição está relacionado com o conteúdo de ideias estabelecidas e relevantes existentes na estrutura cognitiva. A relação em causa pode ser subordinada, subordinante ou uma combinação das duas. Por conseguinte, na verdadeira aprendizagem proposicional verbal, apreende-se o significado de uma nova ideia compósita na medida em que (1) a própria proposição se cria a partir da combinação ou relação de múltiplas palavras individuais (conceitos), representando cada uma delas um referente unitário; e (2) as palavras individuais se combinam de tal forma (geralmente na forma de frase) que a nova ideia resultante é mais do que a soma dos significados das palavras individuais componentes. (AUSUBEL, 2003, p.85)

Ausubel (2003) ressalta também que a aprendizagem proposicional é típica da aprendizagem por recepção, mas também é a forma principal de resolução de problemas verbais ou aprendizagem por descoberta.

2.2.5. Aprendizagem Significativa e Aprendizagem por Memorização

Enquanto a memorização mecânica permanece a forma dominante de aprendizagem em muitas salas de aula e instituições corporativas, há um reconhecimento crescente de que a finalidade central da educação deve ser valorizar as pessoas no sentido de se encarregarem elas próprias da construção do significado das experiências que vivem. Para conseguir isso, torna-se imperioso que cada sujeito aprenda a aprender significativamente (...). (NOVAK, 1996, p.10)

A aprendizagem por memorização, ou aprendizagem mecânica, ocorre quando novas informações apresentam pouca ou nenhuma interação com conceitos relevantes existentes na estrutura cognitiva do indivíduo, ou seja, o conhecimento adquirido fica arbitrariamente distribuído na estrutura cognitiva sem relacionar-se a conceitos e subsunçores específicos (MOREIRA, MASINI, 2001). Trata-se de uma aprendizagem mecânica, sem significado, puramente memorística, e facilmente esquecida (MOREIRA, 2011).

Na aprendizagem memorística, o novo conhecimento pode ser transmitido simplesmente mediante a memorização verbal, e pode incorporar-se arbitrariamente na estrutura de conhecimentos de uma pessoa sem interagir com o que já existe (NOVAK, 1996). Neste caso, a nova informação arbitrariamente ancorada na estrutura cognitiva, retém-se por um período breve e possui uma utilidade que tende a ser mais limitada, tal qual a memorização de um número de telefone, por exemplo.

A aprendizagem mecânica é necessária e inevitável em casos de conceitos inteiramente novos para o aprendiz, mas posteriormente ela deve se transformar em significativa (MOREIRA, 2003).

Em crianças pequenas, ocorre o processo de formação de conceitos, indutivamente, a partir de experiências concretas, empíricas, não verbais, de forma

que parte deste novo conhecimento é memorizado (MASINI, 1994). Para que uma criança internalize um determinado signo é indispensável que seu significado lhe chegue de alguma maneira e que ela tenha oportunidade de verificar se o significado que captou é socialmente compartilhado (MOREIRA, 2008). Assim sendo, a memorização e a internalização de signos propiciam o surgimento de estruturas conceituais que, futuramente, irão alicerçar e servir de gancho para a ancoragem de conteúdos aprendidos de forma significativa.

Adicionalmente, a informação que se aprende significativamente, em

geral, é retida por mais tempo do que aquela informação apenas memorizada, pois há interação não arbitrária e não literal com subsunçores adequados (NOVAK, 1997). A aquisição de grandes conjuntos de conhecimentos é simplesmente impossível na ausência de aprendizagem significativa (AUSUBEL, 2003).

Ausubel (2003) elenca as três principais vantagens da aprendizagem significativa em relação à aprendizagem por memorização:

- I) Durante o intervalo de retenção, os novos significados conectam-se e armazenam-se às ideias relevantes que já estão ancoradas e são altamente estáveis;
- II) No processo de aprendizagem significativa, é possível aprender e reter durante longos períodos uma quantidade muito maior de materiais de instrução;
- III) A experiência de aprender é subjetivamente agradável, familiar e aguça a curiosidade intelectual.

De acordo com Ausubel (2003), a *retenção* refere-se ao processo de se manter a disponibilidade de uma réplica dos novos significados adquiridos durante o processo de aprendizagem. Para o autor, estes novos significados são armazenados (ligados) e organizados no intervalo de retenção (memória) com as ideias ancoradas correspondentes. Portanto, a aprendizagem deve sempre ser seguida de uma retenção e/ou esquecimento, que constituem os próprios resultados e sequelas naturais da aprendizagem.

O autor ressalta que os elementos apreendidos por memorização são entidades de informação discretas e relativamente isoladas, que são relacionais na estrutura cognitiva apenas de forma arbitrária e literal, sendo muito mais vulneráveis ao esquecimento, pois possuem uma capacidade de retenção muito inferior.

Com relação à aprendizagem significativa e à aprendizagem mecânica, atribui-se a ideia de que são dois tipos de aprendizagem opostos, ou seja, que ocorre ou uma ou a outra. No entanto, Ausubel (1968), como indica Praia (2000), não as considera dicotômicas, mas as vê como sendo dois extremos de um *continuum*. Apesar de existirem diferenças marcantes entre elas, a aprendizagem

significativa e a aprendizagem por memorização não são mutuamente excludentes, dicotômicas, e é possível observar que em muitas situações elas podem ser colocadas, facilmente, num contínuo memorização-significação (AUSUBEL, 2003).

Reiterando, Moreira (2011a) destaca que apesar da existência de um contínuo entre a aprendizagem mecânica e a aprendizagem significativa, somente com a presença de subsunçores adequados, predisposição do aluno para aprender e a presença de materiais adequados é possível a alternância entre essas duas modalidades.

Uma razão pela qual os alunos desenvolvem, frequentemente, mecanismos de aprendizagem por memorização deve-se ao fato de perceberem que, geralmente, respostas corretas que não estejam relacionadas de forma literal com o que é exposto em sala de aula ou com o manual escolar, não têm qualquer crédito por parte de alguns professores (AUSUBEL, 2003).

2.2.6. O esquecimento faz parte do processo de aprendizagem

Muito embora o cérebro humano apresente a potencialidade de armazenar vasta quantidade de informação, podemos pressupor que haja uma limitação para esta retenção, ou seja, pressupõe-se que a memória humana seja finita, seletiva, e que possivelmente venha a desconsiderar informações que julgue não serem essenciais.

Para exemplificar, quando uma pessoa caminha por uma rua, o cérebro recebe grande quantidade de dados provenientes das estruturas sensoriais, tais como os sons, cores, texturas, cheiros, imagens, a fisionomia das pessoas etc., mas descarta boa parte dessas informações por não serem relevantes e/ou essenciais. Desta forma, somente alguns dados, uma fração pequena daquilo que é captado, permanecem na memória.

Como é inviável estocar todas as informações recebidas, o fenômeno do esquecimento torna-se indispensável e inevitável. Na realidade educacional brasileira, há um extenso conjunto de conteúdos programáticos a serem cumpridos. Além disso, os professores cumprem jornadas de trabalho exaustivas, com grandes números de alunos por turma. Tais características culminam em um ensino, majoritariamente, pautado na exposição de conteúdos escolares que devem ser

memorizados e reproduzidos em avaliações.

De acordo com Ausubel (2003), os conteúdos memorizados relacionam-se de forma arbitrária e literal na estrutura cognitiva do indivíduo e, por não estarem ancorados de forma adequada, são mais frágeis e vulneráveis ao esquecimento. Assim, um ensino pautado na memorização tende a não ser adequado do ponto de vista educacional, pois não apresenta significado para os estudantes. De forma oposta, quando a aprendizagem ocorre de forma significativa há uma interação não arbitrária e não literal entre aquilo que se aprende e a estrutura cognitiva do aprendiz, integrando e criando novos significados (AUSUBEL, 2003).

Apesar da maior estabilidade propiciada pela ancoragem do novo conhecimento a um subsunçor adequado, que ocorre na aprendizagem significativa, Ausubel (2003) esclarece que nenhum conhecimento está imune a uma perda:

(...) o material apreendido de forma significativa está gradualmente sujeito à influência erosiva da tendência reducionista ubíqua da organização cognitiva uma vez que, psicologicamente, é mais económico reter uma única ideia altamente inclusiva do que lembrar várias ideias relacionadas mais específicas, resultando na perda de dissociabilidade, quando começa esta segunda fase de subsunção, ou fase obliterante, os itens específicos da respetiva forma original específica tornam-se, progressivamente, menos dissociáveis como entidades por direito, até deixarem de estar disponíveis e se considerar terem sido esquecidos. Assim, o esquecimento é uma continuação, ou fase temporal posterior, do mesmo processo interactivo subjacente à disponibilidade do material de instrução estabelecido durante (e para) um período de tempo variável após a aprendizagem; e a mesma capacidade de subsunção necessária para a aprendizagem de recepção significativa fornece, de alguma forma e paradoxalmente, a base para o esquecimento futuro. (AUSUBEL, 2003, p.61)

Para Ausubel (2003), o esquecimento é uma continuação ou fase temporal posterior do mesmo processo de assimilação subjacente à disponibilidade de ideias recentemente apreendidas durante uma fase prévia do intervalo de retenção. Portanto, o esquecimento é uma consequência natural da aprendizagem significativa (MOREIRA, 2011).

Muito embora haja uma perda, quando a nova informação é adquirida de forma significativa, o esquecimento deixa resíduos na estrutura cognitiva, ou seja, o conhecimento esquecido está, de forma residual, “dentro” do subsunçor, contrariamente ao que ocorre na aprendizagem mecânica, em que a perda é rápida e praticamente total (MOREIRA, 2011). Esse resíduo deixa marcas

permanentes nos subsunçores.

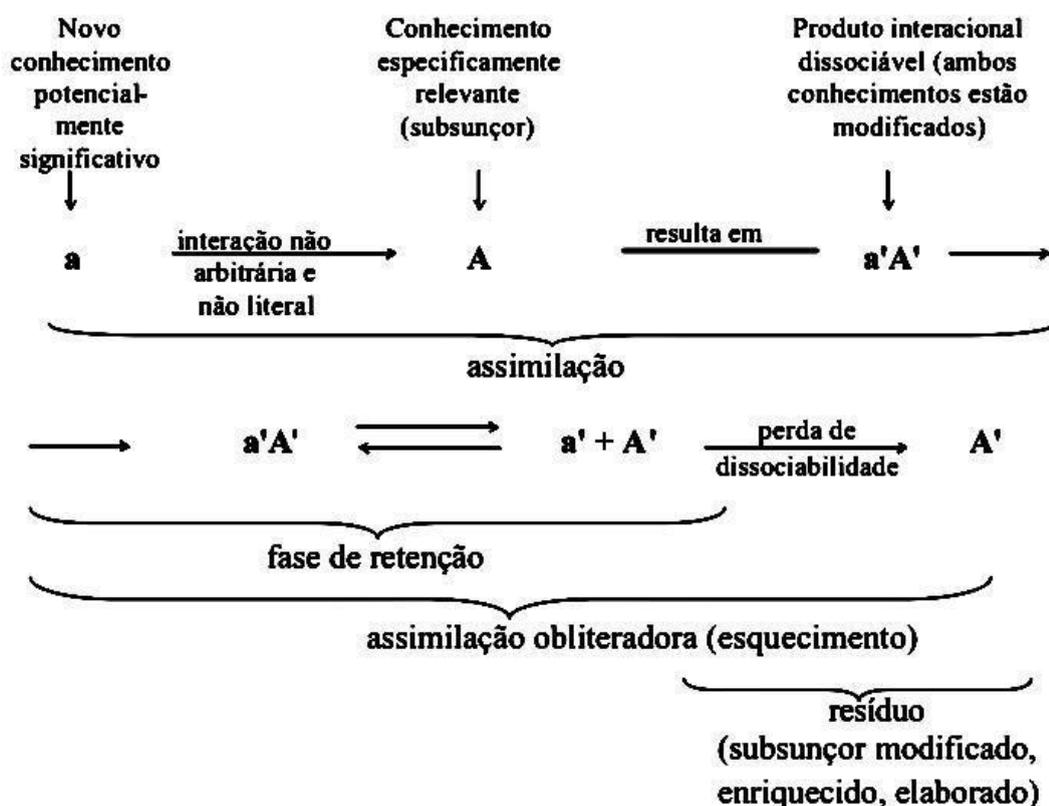
Os processos de assimilação e obliteração (esquecimento) são intercalados pelo processo de retenção, no qual o novo conhecimento permanece funcionalmente ligado aos subsunçores, perdendo progressivamente sua dissociabilidade até atingirem o ponto em que não seja mais possível dissociá-los. Ausubel (2003) esclarece que quando este fenômeno ocorre

(...) estes significados deixam de estar disponíveis para o aprendiz, como entidades identificáveis em separado; devido à subsunção obliterante, ocorreu o esquecimento. As mesmas variáveis que influenciam, em primeiro lugar, a aprendizagem significativa continuam, assim, a influenciar, posteriormente, a retenção e o esquecimento da mesma forma, já para não falar de outras variáveis, tais como a motivação, a repressão e a hipnose, que influenciam a retenção afetando o limiar de disponibilidade (sem influenciarem, de alguma forma, a força de dissociabilidade de idéias retidas na estrutura cognitiva). (AUSUBEL, 2003, p. 134)

Para exemplificar as modificações nos subsunçores, Moreira (2006b) elaborou a seguinte representação reproduzida na Figura 4:

Figura 4: Processo de obliteração

A assimilação ausubeliana



Retirado: Moreira (2006b)

Em termos processuais, inicialmente, o novo conhecimento e a ideia âncora apresentam-se como elementos dissociáveis que, conforme ocorre a assimilação, perdem gradualmente essa dissociabilidade sendo, por fim, o novo conhecimento completamente assimilado pelo subsunçor. O esquecimento caracteriza-se pela perda progressiva da dissociabilidade de novas ideias da matriz ideária, na qual estão implantadas e em relação à qual surge o significado das mesmas (AUSUBEL, 2003), restando o subsunçor modificado na estrutura cognitiva.

Para Agra *et al.* (2019), o esquecimento é uma continuidade natural do processo de aprendizagem significativa, pois este consiste em uma perda progressiva da dissociabilidade dos novos conhecimentos em relação aos conhecimentos que lhe deram significado e que serviram de ancoradouro cognitivo. Contudo, embora haja o esquecimento e este figure como uma continuação natural da aprendizagem significativa, permanece um resíduo, o subsunçor, que fora modificado e que de alguma forma mantém os resquícios dos conhecimentos, facilitando a reaprendizagem (MOREIRA, 2006b).

Embora o esquecimento faça parte do processo de aprendizagem, cabe ressaltar que, havendo o processo significativo, geram-se mudanças permanentes nos subsunçores de modo a não ser mais possível retornar à forma anterior (MOREIRA, 2001). Esta é uma das principais diferenças em relação à aprendizagem por memorização, uma vez que nesta há integração com o subsunçor ocorre de forma arbitrária e literal, não causando mudanças relevantes. As informações novas a serem adquiridas, e as previamente existentes no subsunçor, são dissociáveis, sendo o novo conteúdo facilmente esquecido (MOREIRA, 2006b).

Na aprendizagem significativa, devido à presença dessa informação residual no subsunçor, ao ser exposto a uma situação em que seja necessária a retomada deste conhecimento, há uma maior prontidão para que ocorra a reaprendizagem.

2.3. Aprendizagem significativa aplicada ao ensino do conceito de célula

A Teoria da Aprendizagem Significativa visa compreender os fenômenos e processos envolvidos na aquisição de conceitos pela mente humana, como estes interagem com aqueles conceitos previamente aprendidos e os motivos pelos quais a aquisição das novas informações, eventualmente, não se efetiva. Dentre os fatores necessários para que uma nova informação seja integrada à estrutura cognitiva está a presença de subsunçores adequados, nos quais o novo conhecimento possa ser ancorado de modo não arbitrário e não literal. Portanto, para a promoção de um ensino baseado na TAS se faz necessário o levantamento dos conhecimentos prévios relativos ao tema a ser ensinado que estão presentes na estrutura cognitiva dos educandos. Este processo faz com que emergam os subsunçores existentes e, a partir de tais informações, construir situações de ensino específicas que atendam às necessidades dos alunos.

A publicação da TAS reverberou em pesquisas educacionais, especialmente da área de Ensino de Ciências, pois trouxe à luz um novo olhar sobre a mente humana e, conseqüentemente, sobre o modo de aprender, indo em direção oposta ao *behaviorismo*, que até então estava vigente e promovia uma aprendizagem predominantemente mecânica.

Muito embora haja uma predominância de publicações envolvendo a TAS e conceitos trabalhados pela disciplina de Física, o campo da Biologia mostra-se fértil e propício ao desenvolvimento de pesquisas, devido a abrangência das temáticas intrínsecas. A diversidade de conteúdos contemplados pela disciplina de Biologia pode ser centrada em um núcleo em comum: os seres vivos. Estes, para serem considerados como tal, devem apresentar uma estrutura biológica formada a partir de, pelo menos, uma célula. Portanto, esta passa a ser considerada a unidade básica da vida, como preconiza a Teoria Celular.

A promoção de situações de ensino que promovam uma efetiva aprendizagem do conceito de célula impacta diretamente a aprendizagem dos demais objetos de estudo presentes no currículo de Biologia. Desta forma, faz-se necessário investigar quais as ideias prévias apresentadas pelos aprendizes sobre a célula e os mecanismos pelos quais este conceito é aprendido pelo estudante.

Nesta perspectiva, Senabre e Giménez (1993) investigaram as ideias referentes ao conceito de células apresentadas por 94 estudantes ao final da

escolarização básica. Dentre os resultados, as autoras constataram que 51% dos estudantes relacionam as células à formação dos seres vivos, mas cerca de ¼ deles as relacionam, exclusivamente, com a formação dos corpos humanos, desconsiderando os demais organismos, em uma visão antropocêntrica das funções celulares. Adicionalmente, 42% destes alunos consideram as células estruturas redondas (sendo que apenas 3% declararam que o formato celular depende de sua função no organismo), 36% mencionaram a existência de núcleo e apenas 3% citaram as membranas celulares. As autoras concluíram que os alunos investigados não apresentaram conhecimentos relativos às organelas celulares e/ou às suas funções. Desta forma, a partir destes dados, pôde-se constatar que mesmo após as vivências em situações de ensino e aprendizagem durante a educação básica este grupo amostral não apresentava conhecimentos estruturados e significativos sobre o conceito de célula.

Ao investigar os conhecimentos prévios apresentados por alunos do 2º e 3º ano da especialidade em ciências, pertencentes à Escola de Magistério de La Coruña, Barros, Alonso e Losada (1989) constataram que, muito embora conhecessem a relação entre as células e os seres vivos, o grupo investigado apresentava conhecimentos básicos e memorizados sobre o metabolismo celular, concepções simplistas, e não eram capazes de relacionar o crescimento dos indivíduos ao processo de reprodução celular.

Rodríguez Palmero (2003) analisou desenhos elaborados por estudantes de 17 e 18 anos, pertencentes ao *Curso de Orientación Universitaria previo a la Universidad*, com o objetivo de comparar a produção dos estudantes às representações icônicas de células presentes em livros didáticos. Para este autor, as imagens presentes nos livros podem vir a exercer uma influência negativa e afetar a construção de representações próprias pelos estudantes. Ou seja, as imagens vinculadas podem atuar como freio para a construção de modelos mais explicativos e preditivos relativos ao funcionamento celular.

Dados como estes reforçam a importância de investigações a respeito do tema, uma vez que evidenciam a existência de lacunas no processo de aprendizagem. Múltiplos são os trabalhos que abarcam a temática da Biologia Celular e, dentre estes, pesquisas desenvolvidas sob o viés da TAS mostram-se capazes de promover a aprendizagem de forma efetiva.

Cunha (2011) desenvolveu uma pesquisa de cunho qualitativo, do tipo intervenção, sobre a evolução do conceito de célula apresentado por um grupo de 76 alunos pertencentes ao primeiro ano do Ensino Médio de uma escola pública no município de Duque de Caxias, no Rio de Janeiro. Partindo do pressuposto de que o conceito de célula é essencial para a compreensão dos fenômenos biológicos e das relações dos seres vivos com o meio ambiente, a autora enfoca no processo de aprendizagem deste tema à luz da TAS.

Inicialmente, Cunha (2011) constatou que seus alunos apresentavam dificuldades para explicar a célula como uma estrutura dinâmica e sistêmica dos organismos vivos, refletindo que houve, em situações de ensino anteriores, uma aprendizagem fragmentada e memorística. Após as vivências de ensino pautadas na TAS, propostas pela autora, uma parcela expressiva dos estudantes passou a compreender a célula como unidade de construção dos seres vivos, dotada de estruturas internas que realizam funções vitais para a manutenção da vida. Portanto, estes estudantes internalizaram, de forma significativa, os principais conceitos da Biologia Celular.

Pulgarín (2014) argumenta que um dos principais problemas enfrentados no ensino da Biologia Celular está na utilização de práticas pedagógicas tradicionais, que privilegiam a aprendizagem mecânica. Para este autor, elaborar Unidades de Ensino Potencialmente Significativas poderia romper com essa lógica. O autor implementou uma UEPS sobre o conceito de célula eucariótica para alunos do sétimo ano da educação básica, privilegiando a participação efetiva em situações de ensino que resultaram em aprendizagem significativa para uma parcela considerável dos estudantes participantes.

Com o intuito de promover o desenvolvimento do pensamento crítico e a aprendizagem significativa do conceito de célula, Moreno (2021) desenvolveu um projeto baseado em Unidades de Ensino Potencialmente Significativas para alunos do 5º ano da educação básica. Após as vivências em situações de ensino que estruturam a UEPS, o interesse pela temática aumentou e melhorou a compreensão do conceito, demonstrando que as unidades de ensino apresentam a potencialidade de promoção da aprendizagem significativa.

Em vista do exposto, a promoção de Unidades de Ensino Potencialmente Significativas, estruturadas a partir da Teoria da Aprendizagem

Significativa, tem por objetivo fomentar a aquisição e retenção de conceitos, com a potencialidade de auxiliar o educando no entendimento de conhecimentos científicos. Dessa forma, no próximo capítulo descrevemos os percursos metodológicos seguidos para construção e implantação das UEPS e dos instrumentos de coleta de dados aplicados nesta investigação, ressaltando o contexto de produção e obtenção de dados.

Capítulo 3

3. ABORDAGENS METODOLÓGICAS

Segundo Moreira (2011b), a pesquisa em Educação em Ciências é entendida como a produção de conhecimentos resultantes da busca de respostas sobre ensino, aprendizagem, currículo e contexto educativo em Ciências. Para o autor, a metodologia de pesquisa nesta área do conhecimento é dominada por dois paradigmas clássicos: um inspirado na metodologia das ciências naturais, enfatizando observações empíricas e quantificáveis, e outro com ênfase em informações holísticas e qualitativas e em abordagens interpretativas.

Abordagens quantitativas e qualitativas à pesquisa em educação subscrevem paradigmas distintos, diferentes visões de mundo, que levam a maneiras distintas de ver os fenômenos educacionais (MOREIRA, 2011b). A pesquisa quantitativa, por exemplo, procura estudar fenômenos de interesse da pesquisa em Educação, geralmente, através de estudos experimentais ou correlacionais (MOREIRA, 2011b). Já a pesquisa qualitativa possui interesse central na interpretação dos significados e enfatiza os aspectos subjetivos do comportamento humano (MOREIRA, 2011b).

Este trabalho insere-se no domínio das abordagens qualitativas, visando compreender os fenômenos educacionais observados. Cabe destacar que nele se emprega a Teoria da Aprendizagem Significativa (AUSUBEL, 2003) como referencial teórico e a metodologia de estudo de caso, segundo a proposição de Lüdke e André (1986).

De acordo com Lüdke e André (1986), a pesquisa qualitativa tem o ambiente natural como sua fonte direta de dados e o pesquisador como seu principal instrumento uma vez que há a necessidade de um contato direto e prolongado deste pesquisador com o ambiente e a situação que está sendo investigada. Para estas autoras, o estreito contato do pesquisador com a situação em que ocorrem os fenômenos justifica-se pelo fato destes dados serem altamente influenciados pelo contexto em que estão inseridos, sendo as circunstâncias particulares em que um determinado objeto se insere essenciais para seu entendimento (LÜDKE, ANDRÉ, 1986).

Creswell (2014) considera que há cinco principais abordagens metodológicas para realizar a análise dos dados obtidos em uma pesquisa qualitativa: *estudo narrativo*, *fenomenologia*, *teoria fundamentada*, *etnografia* e *estudo de caso*. Com relação ao estudo de caso, trata-se de uma pesquisa que permite explorar um ou mais casos delimitados, sejam contemporâneos da vida real, sejam ao longo do tempo, por meio da coleta de dados detalhada em profundidade, envolvendo múltiplas fontes de informação, realizando uma descrição do caso e temas do caso. Assim sendo, este tipo de estudo envolve o estudo de um caso dentro de um ambiente ou contexto contemporâneo da vida real (CRESWELL, 2014). Dada a natureza de nossa fonte de coleta de dados, que é o ambiente escolar, ou seja, um contexto contemporâneo da vida real, optamos por analisar os dados obtidos sob o viés do estudo de caso.

Sobre as origens do estudo de caso no campo educacional, André (1984) salienta que seu principal marco é uma conferência internacional realizada em dezembro de 1975, em Cambridge, sob o tema “Métodos de Estudos de Caso em Pesquisa e Avaliação Educacional”. Esta autora ressalta que, a partir das posições tomadas na Conferência de Cambridge, o estudo de caso corresponde a uma família de métodos de pesquisa cuja definição comum é o enfoque numa instância, que pode corresponder a um determinado evento, indivíduo, grupo escolar, instituição, programa etc.

De acordo com Ventura (2007), os estudos de caso mais comuns são os que têm foco em uma unidade ou em múltiplas unidades nos quais estão presentes vários indivíduos ou várias organizações, por exemplo. Para o autor, a depender dos objetivos da investigação, os estudos de casos podem ser classificados em: *intrínseco* quando procura-se compreender melhor um caso particular em si; *instrumental*, ao se examinar um caso para se compreender melhor algo mais amplo e basear pesquisas posteriores; e *coletivo*, quando estende o estudo a outros casos instrumentais conexos com o objetivo de ampliar a compreensão ou a teorização sobre um conjunto ainda maior de caso.

Com relação aos métodos empregados no estudo de caso, Creswell (2014) os descreve como sendo:

A pesquisa de estudo de caso é uma abordagem qualitativa na qual o

investigador explora um sistema delimitado contemporâneo da vida real (um caso) ou múltiplos sistemas delimitados (casos) ao longo do tempo, por meio da coleta de dados detalhada em profundidade envolvendo **múltiplas fontes de informação** (p. ex., observações, entrevistas, material audiovisual e documentos e relatórios) e relata uma **descrição do caso e temas do caso**. A unidade de análise no estudo de caso pode ser múltiplos casos (um estudo **plurilocal**) ou um único caso (um estudo **intralocal**). (CRESWELL, 2014, p. 86-87)

Neste aspecto, a sala de aula figura como um sistema delimitado contemporâneo da vida real na qual são coletados múltiplos dados (através dos questionários, produções e falas dos alunos), em que analisamos e relatamos os limites e contribuições do uso de UEPS na aquisição e retenção significativas de conceitos científicos relativos ao tema célula. Trata-se de um estudo de caso *intrínseco*, na definição de Ventura (2007), e *intralocal* (CRESWELL, 2014) no qual procura-se compreender o percurso/processo de aquisição conceitual em um grupo específico de alunos situados em um determinado contexto. A coleta de dados está limitada temporalmente e ocorreu dentro do período letivo entre os meses de agosto de 2017 e março de 2018.

A pesquisa de estudo de caso começa com a identificação de um caso específico que possa ser delimitado ou descrito dentro de determinados parâmetros, como um local e momento específicos preferencialmente como casos atuais da vida real que estão em andamento (CRESWELL, 2014).

Lüdke e André (1986) ressaltam que o caso a ser estudado deve ser bem delimitado, devendo ter os seus contornos claramente definidos no desenrolar do estudo, uma vez que esta metodologia deve ser empregada quando há a intenção de se estudar algo singular, que tenha um valor em si mesmo. Estas autoras revelam que uma pesquisa pautada na metodologia do estudo de caso deve apresentar as seguintes etapas de desenvolvimento: *fase exploratória, delimitação do estudo, análise sistemática, elaboração de um relatório, e a prática do estudo de caso*.

A *fase exploratória* deste trabalho iniciou-se, efetivamente, a partir de estudos referentes ao desempenho de alunos em avaliações em larga escala. Em pesquisas anteriores (BRITO, GEBARA, 2015; BRITO, 2006), constatamos que o desempenho em questões que abordavam temáticas relacionadas aos conteúdos de Biologia Celular e Genética, presentes nas edições de 2011 e 2012 das provas de Ciências da Natureza do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM),

apresentavam um índice de desempenho significativamente baixo dentre os alunos concluintes da educação básica. Tal fato sugere que estes conteúdos não foram aprendidos, de forma significativa, pelos alunos, o que nos motivou a investigar quais fatores poderiam desencadear estes resultados.

Na fase da *delimitação de estudo*, voltamos nosso olhar para a educação básica com o intuito de buscar compreender, na microescala da sala de aula, alguns dos fatores que poderiam vir a gerar os resultados refletidos na prova do ENEM. Para tanto, analisou-se o cotidiano de alunos pertencentes à segunda série do Ensino Médio de uma escola pública do interior do estado de São Paulo durante as aulas da disciplina de Biologia. A descrição detalhada da unidade escolar e dos participantes desta pesquisa encontra-se no item 3.1 deste capítulo.

Na etapa de implementação, ou seja, a *prática do estudo de caso*, optou-se pela elaboração de Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS), fundamentadas na Teoria da Aprendizagem Significativa, com enfoque nos conteúdos relativos ao tema da Biologia Celular, em cujo cerne está o conceito de célula. Segundo Moreira (2013), as UEPS correspondem a sequências de ensino fundamentadas na TAS, voltadas para a aprendizagem significativa, não mecânica, que podem estimular a pesquisa aplicada em ensino, aquela voltada diretamente à sala de aula. Compostas por etapas, as UEPS buscam promover o ensino de forma significativa, cabendo ao professor buscar a melhor forma de estruturar tais etapas e adaptá-las à realidade escolar.

Em complementaridade, para análise dos dados coletados, optou-se por utilizar uma técnica baseada na Análise de Conteúdo proposta por Bardin (2011).

A etapa de *elaboração de um relatório* realizava-se, concomitantemente, à implantação das UEPS, figurando como um diário de bordo das atividades realizadas, experiências vivenciadas, percalços e frustrações inerentes ao desenvolvimento das atividades.

3.1 Caracterização da unidade escolar e dos sujeitos de pesquisa

A sequência didática foi aplicada em uma escola pública do interior do

estado de São Paulo, na qual a pesquisadora também é professora titular da disciplina de Biologia desde 2012. Nas escolas públicas estaduais pertencentes à rede do estado de São Paulo há apenas duas aulas semanais para o componente curricular Biologia. A unidade escolar em questão está situada na periferia de uma cidade no interior do Estado de São Paulo e que conta com um significativo parque industrial.

De acordo com a Proposta Curricular do estado de São Paulo, vigente em 2017, os conteúdos curriculares que contemplam o tema célula são abordados, majoritariamente, no 2º ano do Ensino Médio. Portanto, para realização desta pesquisa, selecionou-se quatro turmas de estudantes, dos quais a autora desta tese era professora titular, pertencentes a esse ano escolar, cujas aulas ocorriam no período da manhã. Todos os alunos pertencentes a essas turmas vivenciaram as atividades da sequência didática, contudo os dados apresentados neste trabalho são referentes a aqueles cujos pais assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (APÊNDICE B) e que frequentaram, pelo menos, 75% das aulas destinadas a este trabalho. A exigência desta frequência mínima foi definida com base no art. 24 da Lei 9394/96 que define essa obrigatoriedade para aprovação.

A partir destes critérios, dos 146 matriculados, nosso público amostral foi composto por 62 indivíduos, todos brasileiros, com idades entre 15 e 17 anos, sendo 40 alunos do sexo masculino e 22 do sexo feminino.

Todos os alunos declararam sempre terem estudado em escolas públicas, sendo que a maioria estudava nesta mesma escola desde o sexto ano do Ensino Fundamental. No momento em que as atividades foram iniciadas nenhum dos estudantes exercia atividade remunerada.

O desenvolvimento desta pesquisa ocorreu durante o segundo semestre do ano letivo de 2017 com coleta de dados até março de 2018. Durante a implantação desta pesquisa, muito embora houvesse indivíduos desmotivados em participar das aulas, a maioria dos alunos mostrou-se interessada, com empenho na realização das atividades propostas e engajamento nas discussões promovidas.

A unidade escolar dispõe de 15 salas de aula distribuídas em dois andares. No pavimento superior, encontram-se 11 salas de aula e a sala destinada ao uso dos coordenadores. Já no pavimento inferior, há quatro salas de aula, uma

biblioteca, saguão de refeições, pátio, cantina, cozinha, sala dos professores, sala da direção, secretaria e sala de informática.

Todas as salas de aula apresentam lousa de madeira, com a coloração verde, dois ventiladores, janelas amplas protegidas por grades de proteção, cortina, jogos de carteiras e cadeiras em madeira. Somente três salas de aula possuem projetores instalados. Na Imagem 1 temos o registro do local de realização desta pesquisa.

Imagem 1: caracterização da unidade escolar



Fonte: produzido pela autora

A unidade escolar possui uma biblioteca destinada a guardar, essencialmente, os livros didáticos de todas as disciplinas e alguns livros paradidáticos. Nesta biblioteca situa-se também o arquivo morto da escola e, frequentemente, o espaço é utilizado para armazenar trabalhos realizados pelos alunos.

A escola não possui laboratório de ciências (ou equivalente), sendo necessária a realização de quaisquer experimentos em sala de aula, de forma improvisada. Há poucas peças de vidrarias para laboratório e não há reagentes químicos para realização de experimentos.

A sala de informática é utilizada pela equipe gestora para realizar as reuniões pedagógicas entre professores e como local para armazenamento de

material escolar. Contando com menos de 20 computadores, os professores da unidade raramente utilizam esta sala em suas práticas diárias, pois, além de não existirem computadores suficientes para os alunos, a sala não comporta os cerca de 40 matriculados por turma.

Apesar de todas as adversidades estruturais, a equipe gestora (que na época da realização desta pesquisa era composta por uma diretora, duas vice-diretoras e duas coordenadoras pedagógicas) mantiveram uma postura bastante solícita e entusiasmada com a realização desta pesquisa fornecendo, na medida do possível, toda a estrutura necessária para sua concretização.

3.2 Questionários utilizados como ferramentas para o levantamento dos conhecimentos prévios

A primeira etapa desta pesquisa consistiu no levantamento das concepções/conhecimentos prévios relativos ao tema célula apresentados pelos alunos. Para tanto, elaborou-se dois questionários abertos denominados de “Atividade Avaliativa” cujo objetivo é fazer emergir as concepções prévias/alternativas e os conhecimentos científicos dos alunos ao ingressarem na segunda série do ensino médio.

Os questionários constituem nossa principal ferramenta de obtenção de dados, sendo aplicados ao mesmo grupo de alunos em três momentos distintos: antes da realização da UEPS, após o término desta e seis meses após a primeira aplicação.

Iniciamos as atividades com a aplicação do Questionário 1, descrito na imagem a seguir:

Figura 5: Primeiro questionário aplicado

Atividade Avaliativa 01 – Biologia – 2ª Série do Ensino Médio

Durante a infância, é comum que as crianças se divirtam com brinquedos desmontáveis que permitem múltiplas combinações e estimulam a imaginação. Dentre estes brinquedos destacam-se os Blocos de Encaixar, um brinquedo composto por peças de plásticos encaixáveis e coloridas que podem ser combinadas para criar diferentes objetos, como casinhas, carrinhos, naves espaciais e etc. Observe a figura abaixo, nela temos uma casinha formada com peças de encaixar:



Note que esta casinha é formada por peças diferentes, com cores e formas distintas. Essas peças são as menores partes de uma casinha feita com os Blocos de Encaixar e quando as juntamos temos uma estrutura mais complexa.

Como poderíamos então descrever a menor unidade estrutural desta casinha?

Para formar a casinha, juntamos diferentes peças encaixáveis, ou seja, as peças são as menores partes estruturais. Tomando como exemplo a pecinha ao lado, nós poderíamos descreve-la como sendo uma peça plástica vermelha, brilhante retangular, com lados lisos e que possui oito bolinhas menores na sua superfície. Em cada bolinha está escrita a palavra Lego.

Agora, pense no corpo humano. Como seriam as "pecinhas" que formam o nosso corpo? As "pecinhas" são todas iguais ou existem "pecinhas diferentes"?

Utilize uma folha de sulfite para desenhar como seriam as menores partes estruturais que formam o corpo humano. Lembre-se de fazer o desenho o mais completo possível e escreva os nomes dos componentes que você desenhar.

Fonte: elaborado pela autora

Nesta atividade, com duração aproximada de 50 minutos, propõe-se um exercício a partir de uma analogia entre a constituição estrutural de uma casa e a constituição do corpo. Após prévia leitura conjunta e esclarecimentos proferidos pela professora, solicitou-se aos alunos que desenhassem o que consideravam a menor parte estrutural macromolecular do corpo humano. No intuito de fazer emergir o conhecimento prévio destes alunos, orientou-se que não haveria resposta certa ou errada e que o objetivo desta atividade era conhecer o que eles sabiam.

Essa primeira etapa finaliza-se com a aplicação do segundo questionário (Figura 7) contendo questões abertas às quais os alunos deveriam responder considerando apenas seus próprios conhecimentos, sem a utilização de quaisquer fontes de consulta. Com duração aproximada de duas horas/aulas (cerca de 100 minutos) este segundo questionário, apresentado a seguir, foi aplicado aos alunos em aula subsequente à aplicação do primeiro. Cabe ressaltar que, em ambas as ocasiões, os alunos não foram previamente avisados de que fariam tais atividades, evitando assim que se preparassem previamente.

Figura 6: Segundo questionário aplicado.

Atividade Avaliativa de Biologia

Tema: A célula

Nome: _____ **nº** _____ **série:** _____

Este questionário apresenta dez questões abertas cujo objetivo consiste em realizar um levantamento de seus conhecimentos relativos ao tema "Célula". Desta forma, responda as questões somente com os seus conhecimentos, sem a utilização de quaisquer outras fontes de informação tais como, por exemplo, os colegas, a internet, o caderno e o livro didático.

Questão 01: Você já ouviu falar sobre as "células"? Em caso afirmativo, onde você ouviu falar?

Questão 02: Quais organismos ou objetos você acredita que possuam células? Cite CINCO exemplos.

Questão 03: Quais organismos ou objetos você acredita que NÃO possuam células? Cite CINCO exemplos.

Questão 04: Abaixo, encontra-se uma lista contendo exemplos de seres vivos e de objetos. Circule aqueles nomes que você considera que possuam células.

Feijão	Cachorro	Tomate	Árvore
Bactérias	Fungos	Vírus	Ameba
Onça	Gato	Raízes de plantas	Pote de plástico
Régua de plástico	Vidro	Geladeira	Piolho
Seres humanos	Alface	Lentilha	Dinheiro

Questão 05: E o seu corpo, você acredita que ele seja formado por células? Em caso afirmativo, quantas células você acha que são necessárias para formar o corpo de um ser humano adulto?

Questão 06: Do ponto de vista biológico, o que é uma célula?

Questão 07: Quais são as funções de uma célula? Em outras palavras, para que serve uma célula?

Questão 08: Para você, as células são todas iguais, ou seja, apresentam sempre a mesma forma e o mesmo aspecto físico? Justifique sua resposta.

Questão 09: Para você, os seres vivos possuem células? Você acredita que haja alguma relação entre a presença de células e a vida? Justifique sua resposta.

Questão 10: Para visualizar uma célula é necessário utilizar algum equipamento? Em caso afirmativo, cite o nome deste ou destes equipamentos?

Fonte: elaborado pela autora

Com base nos dados obtidos através dos questionários, que revelaram o nível de conhecimento referente à temática apresentado pelos alunos, foram elaboradas três Unidades de Ensino Potencialmente Significativa.

3.3 Estruturação das Unidades de Ensino Potencialmente Significativas

Para iniciar o processo de elaboração da UEPS a partir dos conhecimentos prévios dos alunos, necessitamos delimitar o escopo de conteúdos curriculares sobre o tema célula que seriam trabalhados. Para tanto, voltamos nosso olhar para a proposta curricular do estado de São Paulo específica para o componente curricular Biologia, vigente no período de realização desta pesquisa. A delimitação, tendo por base este documento, fez-se necessária uma vez que este subsidia a formulação do material didático próprio do Programa São Paulo faz Escola, amplamente utilizado em sala de aula, fornece orientações específicas para as práticas docentes, e apresenta os conteúdos curriculares previstos para cada bimestre letivo.

A Proposta Curricular do Estado de São Paulo apresenta:

(...) os princípios orientadores para uma escola capaz de promover as competências indispensáveis ao enfrentamento dos desafios sociais, culturais e profissionais do mundo contemporâneo. O documento aborda algumas das principais características da sociedade do conhecimento e das pressões que a contemporaneidade exerce sobre os jovens cidadãos, propondo princípios orientadores para a prática educativa, a fim de que as escolas possam se tornar aptas a preparar seus alunos para esse novo tempos. (SÃO PAULO, 2008, p. 8)

Com relação à estrutura curricular, a proposta apresenta como princípios centrais: a escola que aprende, o currículo como espaço de cultura, as competências como eixo de aprendizagem, a prioridade da competência de leitura e de escrita, a articulação das competências para aprender e a contextualização no mundo do trabalho (SÃO PAULO, 2008).

A proposta curricular traz orientações sobre o desenvolvimento das atividades curriculares, preconizando o envolvimento ativo do aluno no processo de aprendizagem:

(...) por meio de atividades significativas que avancem para além da memorização da mera observância de receitas para “descobrir” princípios

biológicos. Para isso é recomendável realizar, com os alunos, discussões coletivas que contribuam para a elaboração pessoal e recíproca comunicação, promovendo a compreensão do tema e também a aprendizagem do respeito a si mesmo e aos colegas. Nesse processo, os alunos encontram oportunidades para construir modelos explicativos, linhas de argumentação e instrumentos de verificação de contradições; são colocados em situações em que são instigados ou desafiados a participar e a questionar, valorizando as atividades coletivas que propiciem a discussão e a elaboração conjunta de idéias e de práticas. Um procedimento que prevê a participação em atividades lúdicas, nas quais os alunos se sintam desafiados não somente pelos outros participantes, mas especialmente pelo jogo do conhecimento (SÃO PAULO, 2008, p. 43)

Adicionalmente, este documento recomenda a utilização de uma grande variedade de linguagens e recursos, tendo no universo vivencial da comunidade seu ponto de partida para investigação dos conceitos fundamentais da Biologia.

A proposta curricular do estado de São Paulo elenca alguns conceitos que considera como sendo fundamentais e unificadores do componente curricular Biologia, sendo eles a *Unidade e diversidade das formas de vida; Interação dos seres vivos com o meio ambiente; Complementaridade entre estrutura e função; Continuidade da vida e Mudanças ao longo do tempo*. Para assegurar a compreensão desses conceitos unificadores, são propostos sete temas de estudo distribuídos nas três séries do ensino médio conforme mostra o Quadro 2:

Quadro 2: Distribuição dos temas por bimestre e série

Bimestre	1ª Série	2ª Série	3ª Série
1º	Tema 1: A interdependência da vida	Tema 3: Identidade dos seres vivos	Tema 6: Diversidade da vida
2º		Tema 4: Transmissão da vida e mecanismos de variabilidade genética	
3º	Tema 2: Qualidade de vida das populações humanas	Tema 5: Tecnologias de manipulação do DNA: a receita da vida e o seu código	Tema 7: Origem e evolução da vida
4º			

Retirado: São Paulo (2008, p. 47)

A partir dos resultados obtidos com a primeira aplicação do questionário e delimitando os conteúdos curriculares aos abarcados pelo “Tema 3: Identidade dos Seres Vivos” iniciamos o processo de construção das UEPS.

Cada UEPS foi subdividida em Atividade Inicial, Situações-problema inicial, Aprofundando o conhecimento, Exposição dialogada, Nova situação problema, Avaliação somativa, Avaliação da aprendizagem na UEPS e Avaliação da UEPS, cujo detalhamento encontra-se disponível no Apêndice A.

Utilizou-se a exposição dialogada dos conceitos, por parte da professora, através de rodas de conversa com leitura compartilhada de textos selecionados, discussões em pequenos grupos a partir das situações problemas iniciais e levantamento coletivo de hipóteses para resolução dos problemas. Como recursos didáticos, contávamos com equipamentos para projeções de vídeos, fotos, atividades experimentais realizadas em sala de aula, o material didático próprio do estado de São Paulo e os três volumes do livro didático escrito por Silva Junior, Sasson e Caldini Junior (2013), produzido pela editora Saraiva, aprovado pelo Programa Nacional do Livro Didático e escolhido pela escola.

Ao final da aplicação de todas as UEPS, os alunos respondem novamente, aos mesmos questionários abertos de coleta de dados aplicados no início da pesquisa. Esta segunda aplicação, ocorrida no final de novembro de 2017, teve por finalidade comparar o padrão de respostas dos alunos em relação à primeira aplicação, verificando assim a resistência das concepções não científicas após a implantação das UEPS.

Ao passar por um processo de aprendizagem, o cérebro retém uma parcela das informações que, quando ancoradas a subsunçores adequados, são, com maior probabilidade, retidas de forma significativa na estrutura cognitiva. Muito embora ocorra o processo de obliteração, quando a aprendizagem significativa de um determinado conceito ocorre, este conceito apresenta uma boa estabilidade na mente do indivíduo e esta permanência é passível de mensuração. Para mensurar a estabilidade do conhecimento adquirido na estrutura cognitiva, os dois questionários foram aplicados ao mesmo grupo de alunos novamente quando estes já estavam matriculados na 3ª série do Ensino Médio, em março de 2018.

Os dados obtidos com as três aplicações dos questionários permitiram a elaboração de uma base de dados contendo a comparação entre as respostas fornecidas por cada indivíduo. Tais respostas foram agrupadas em categorias pré-estabelecidas conforme descrição na Seção 3.4 deste capítulo.

Por se tratar de UEPS aplicadas em quatro turmas distintas, envolvendo sujeitos com necessidades e ritmos de aprendizagem diferentes, o tempo de aplicação de algumas etapas do processo foi diferente em algumas turmas, havendo o acréscimo de uma ou duas aulas em cada UEPS. Contudo, a estrutura central das UEPS, com as atividades programadas para cada etapa, foi mantida a todos os sujeitos.

3.4 Metodologia de análise dos dados

As respostas dos alunos obtidas através da aplicação dos dois questionários em três momentos distintos constituem nossa fonte de dados empíricos.

Estes dados foram tratados a partir da análise de conteúdo proposta por Bardin (2011). Segundo esta autora, a análise de conteúdo procura conhecer aquilo que está por trás das palavras sobre as quais se debruça, sendo esta metodologia composta por

Um conjunto de técnicas de análise de comunicações visando obter por procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens indicadores (quantitativos ou não) que permitam a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção/percepção (variáveis inferidas) dessas mensagens. (BARDIN, 2011, p.48)

O ponto de partida da análise de conteúdo é a mensagem, e seja ela verbal (oral ou escrita), gestual, silenciosa, figurativa, documental ou diretamente provocada, torna-se indispensável considerar as condições contextuais nos quais o conteúdo é produzido (FRANCO, 2012). Qualquer comunicação, isto é, qualquer veículo de significados de um emissor para um receptor, controlado ou não por este, deveria poder ser escrito, decifrado pelas técnicas de análise de conteúdo (BARDIN, 2011, p.38). Contudo, os dados advindos de diversas fontes chegam ao investigador em estado bruto, necessitando, então ser processados para, dessa maneira, facilitar o trabalho de compreensão, interpretação e inferência a que aspira

a análise de conteúdo (MORAES, 1999)

A análise de conteúdo pode ser compreendida como um conjunto de técnicas de pesquisa cujo objetivo é a busca do sentido ou dos sentidos de um documento (CAMPOS, 2004). Franco (2012) considera que toda comunicação é composta por cinco elementos básicos: uma *fonte* ou emissão; um *processo codificador* que resulta em uma *mensagem* e se utiliza de um canal de transmissão; um *receptor*, ou detector da mensagem, e seu respectivo *processo de decodificação*.

Para Campos (2004), o método de análise de conteúdo é balizado por duas fronteiras: de um lado a fronteira da linguística tradicional, e do outro o território da interpretação do sentido das palavras (hermenêutica). Moraes (1999) ressalta que esta análise condiz a descrições sistemáticas, qualitativas ou quantitativas, que auxiliam a reinterpretar as mensagens e a atingir uma compreensão de seus significados num nível que vai além de uma leitura comum, tendo em consideração o contexto social e histórico sob os quais as mensagens foram produzidas.

Tendo em vista os questionários como fontes de dados e, em consequência da vasta quantidade de informações que podem ser extraídas, investigá-los sob o viés da análise de conteúdo permite que sejam produzidas interpretações de cunho qualitativo e/ou quantitativo. Para tanto, de acordo com as orientações de Bardin (2011), faz-se necessário percorrer três estágios cronológicos e sequenciais para análise do material: 1) a *pré-análise*; 2) a *exploração do material* e 3) o *tratamento dos resultados, a inferência e a interpretação*.

Segundo Bardin (2011), a fase de *pré-análise* corresponde ao período de organização do material coletado, de sistematização de ideias iniciais, intuições, escolha dos documentos a serem submetidos para análise, preparação deste material, formulação de hipóteses, objetivos, e elaboração de indicadores que fundamentam a interpretação. É nesta fase que o pesquisador desenvolve um contato mais profundo com os dados coletados e a partir destes começa a fazer inferências. A primeira atividade da fase de pré-análise consiste em realizar a leitura flutuante, na qual deve-se conhecer os dados, deixando-se invadir por

impressões e orientações (BARDIN, 2011).

Após a primeira aplicação dos questionários, cada conjunto de respostas correspondente a cada um foi submetido a leitura flutuante no intuito de estabelecer os primeiros contatos com os dados. Decorrida esta etapa, verificamos que as respostas a cada uma das questões poderiam ser enquadradas em categorias que emergiram diretamente do contato com os dados.

Na fase de *exploração do material*, ocorrem as operações de codificação, decomposição, ou enumeração em função de regras previamente formuladas (BARDIN, 2011), fase esta que, nesta pesquisa, consistiu em organizar os dados brutos em categorias de análises.

Para Franco (2012), a categorização dos dados consiste em uma operação de classificação dos elementos constitutivos de um conjunto por diferenciação, seguida de um reagrupamento baseado em analogias, a partir de critérios definidos. Trata-se de uma ferramenta de classificação dos elementos por diferenciação em que, primeiramente, os dados são separados e analisados com o objetivo de identificar padrões. Posteriormente, são reagrupados, por similaridade, em categorias que podem ser previamente estabelecidas ou elaboradas a *posteriori*.

Bardin (2011) ressalta que a categorização tem como primeiro objetivo fornecer, por condensação, uma representação dos dados brutos. Devido à natureza dos dados utilizados neste trabalho, optou-se por realizar a leitura flutuante do material, e, com base nas respostas obtidas para cada uma das questões, agrupá-las em categorias estabelecida a *posteriori*.

Na fase de *tratamento dos resultados, a inferência e a interpretação* os dados brutos são tratados de maneira a se tornarem significativos e validados (BARDIN, 2011). Operações estatísticas simples, tais como porcentagem, ou mais complexas, como a análise fatorial, permitem estabelecer um quadro de resultados, diagramas, figuras e modelos, os quais condensam e põem em destaque as informações fornecidas pela análise (BARDIN, 2011).

Após o estabelecimento a *posteriori* das categorias, houve o enquadramento das respostas de cada aluno, em cada uma das questões, nas categorias estabelecidas. Utilizou-se uma matriz binária para plotagem das

respostas, na qual atribuiu-se o valor “1” para o aluno cuja resposta enquadra-se em uma determinada categoria, e o valor “0” quando a resposta não se enquadra em nenhuma categoria. Este processo foi empregado para a análise de todas as questões presentes nas três aplicações dos questionários possibilitando a comparação, em termos percentuais, do padrão de respostas do grupo de alunos em cada uma das categorias, aflorando eventuais mudanças nos padrões de respostas no decorrer das aplicações destes instrumentos. Os dados obtidos dessa forma permitem que sejam feitas inferências e interpretações a propósito dos objetivos previstos ou até mesmo desfrutar de descobertas inesperadas (BARDIN, 2011).

Por meio da análise de conteúdo procuramos identificar os conhecimentos prévios relativos ao tema célula que os estudantes possuíam antes de vivenciarem as atividades didáticas que compunham as UEPS. A partir da comparação entre a frequência em que as respostas são enquadradas nas categorias, procuramos inferir a evolução do conhecimento sobre o tema apresentado por estes alunos bem como detectar a presença de concepções resistentes ao processo de ensino.

As atividades foram analisadas considerando o conjunto de respostas fornecidas pelos 62 indivíduos participantes, considerando as quatro turmas em que estavam matriculados com o intuito de propor possíveis caminhos que possam facilitar a aprendizagem significativa de conceitos científicos, em especial o conceito de célula, como expresso em nossos objetivos específicos.

As categorias estabelecidas para cada questão estão descritas no próximo capítulo juntamente com os resultados encontrados.

O projeto de pesquisa foi submetido ao Comitê de Ética e Pesquisa da UNICAMP e aceito sob o número **CAAE: 69200317.3.0000.5404**. Antes do início da coleta de dados solicitamos aos responsáveis legais que assinassem o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Apêndice B) assegurando o anonimato dos participantes.

Capítulo 4

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo serão apresentados os dados obtidos com as três aplicações dos questionários, que foram analisados à luz da Teoria da Aprendizagem Significativa. Em complementaridade, apresenta-se os percursos e percalços experimentados para implantação e execução das Unidades de Ensino Potencialmente Significativas, com o objetivo de compreender as potencialidades desta sequência didática na promoção da aprendizagem significativa.

Na primeira sessão, apresentam-se os conhecimentos prévios apresentados pelo grupo de alunos antes de vivenciarem as UEPS. Estes dados foram obtidos através da primeira aplicação dos dois questionários. Tais informações são relevantes para poder estabelecer um panorama dos conhecimentos que os alunos possuíam em sua estrutura cognitiva e, a partir deles, estruturar as UEPS.

A segunda seção apresenta o relato pormenorizado das UEPS e como os conteúdos referentes ao conjunto de conhecimentos relativos ao tema Célula foram abordados. Esta seção finaliza-se com a análise das respostas obtidas com a terceira aplicação dos questionários, ou seja, a segunda aplicação após término de todas as UEPS.

Na terceira sessão, apresenta-se um quadro comparativo das respostas obtidas com as três aplicações do questionário e faz-se uma análise detalhada dos resultados.

4.1. A primeira aplicação dos questionários

Na Teoria da Aprendizagem Significativa o conhecimento prévio é a variável mais importante a ser analisada. A partir do levantamento dos conhecimentos apresentados pelo aprendiz, pauta-se a estratégia de ensino considerando os subsunçores presentes na estrutura cognitiva, uma vez que são nestes que os novos conhecimentos poderão ser ancorados.

A aplicação dos questionários antes da elaboração e implantação das

UEPS teve por objetivo trazer à luz os conhecimentos prévios que o grupo de alunos participantes da pesquisa possuíam a respeito do tema Célula de forma a permitir que as Unidades de Ensino Potencialmente Significativas atendessem as especificidades desses estudantes.

Dessa forma, o passo inicial consistiu em estabelecer se os alunos estavam familiarizados com o termo Célula e, em caso afirmativo, onde o contato com essa palavra/conceito ocorreu. Para tanto, propusemos que eles respondessem às seguintes questões: *Você já ouviu falar sobre as “células”?* *Em caso afirmativo, onde você ouviu falar?* A segunda pergunta admitia mais de uma possibilidade de resposta.

Ao realizar a leitura flutuante do conjunto de respostas a esta questão, como sugere Bardin (2011), foram criadas seis categorias a partir das palavras mais citadas sendo elas:

- a) *Escola* – na qual estão agrupadas todas as respostas que fazem menção explícita a instituição de ensino formal;
- b) *Casa* – abarca as referências explícitas ao ambiente doméstico;
- c) *Ambiente médico* – categoria que inclui menções que remetem à locais de atendimento clínico, tais como consultórios, hospitais, postos de saúde, clínicas etc.;
- d) *Vídeos* – nesta categoria são alocadas as respostas que contém explicitamente as palavras *vídeo* ou *vídeos*.
- e) *Impressos* – engloba menções diretas a textos ou figuras impressas, como livros -didáticos ou não -, revistas, jornais e apostilas.

f) *Internet* – abriga respostas que contenham a palavra *internet* e/ou fazem menção a algum tipo de mídia social (tais como o *Facebook*), ferramentas de busca (*Google*), e/ou *sites*.

Por haver uma quantidade significativa de citações das palavras *vídeos* e *internet*, optou-se por torná-las categorias independentes muito embora haja evidências de que os vídeos assistidos fossem oriundos da “internet”.

Após a elaboração das categorias, obteve-se a distribuição de respostas representadas na Tabela 1:

Tabela 1: Distribuição do padrão de respostas dos alunos a questão 1

Categoria	Escola	Casa	Ambiente médico	Vídeos	Impressos (livros, revistas e jornais)	Internet
(%)	93,50%	12,90%	6,50%	22,60%	6,50%	9,70%

Fonte: elaborada pela autora

Curiosamente, nenhum dos participantes afirmou desconhecer a palavra *Célula*, fato este relevante, pois demonstra que todos já vivenciaram situações em que esta palavra foi utilizada. Majoritariamente, ela aparece associada ao ambiente escolar, ou seja, durante a educação formal destas pessoas. Igualmente, as mídias representam uma significativa fonte de contato com o tema, sendo muitas vezes utilizadas na rotina escolar. Por tratar-se de um tema não muito comum em conversas cotidianas, poucos alunos citaram o ambiente doméstico como local de disseminação deste conhecimento. O mesmo ocorre com os locais que prestam serviços médicos.

Portanto, a partir desta questão, pode-se estabelecer que os participantes da pesquisa possuíam algum grau de conhecimento relativo ao tema. Este dado era esperado, pois trata-se de alunos cursando a segunda série do ensino médio e que já vivenciaram situações escolares em que o tema foi trabalhado, principalmente durante o ensino fundamental.

Após esta constatação, buscou-se compreender quais conhecimentos sobre as células estes alunos possuíam em sua estrutura cognitiva. Para tanto,

analisou-se as demais questões do segundo questionário bem como a produção relativa ao primeiro questionário.

No primeiro questionário, os alunos expressaram por meio de imagens aquilo que consideravam a menor parte estrutural macromolecular que forma o corpo humano. Muito embora o objetivo principal deste questionário não fosse o enquadramento das respostas obtidas em um padrão binário – certo ou errado –, mas sim averiguar o conhecimento presente na estrutura cognitiva do aluno, sabe-se que há um padrão de resposta que está de acordo com o conhecimento científico vigente. Para o conceito de Célula, partimos da definição amplamente aceita pela comunidade científica, e que está em consonância com os conceitos presentes na Proposta Curricular do Estado de São Paulo vigente em 2017, de que ela constitui a unidade básica da vida. Segundo Melo (2013):

A célula é a unidade básica da vida em que existe uma complementaridade entre estrutura e função. (...) Embora a teoria celular tenha sido estabelecida por Schleiden e Schwann em 1838 e 1858, a primeira observação de uma célula já havia ocorrido em 1665. Nessa ocasião, ao examinar cortes de cortiça em um microscópio rudimentar, Hooke dera o nome de célula aos inúmeros compartimentos que observara e que na realidade representavam espaços (celas) ocupados por unidades mortas. Apesar dos fragmentos celulares poderem até desenvolver algumas atividades importantes, somente a célula tem a capacidade de manter vida e de transmiti-la. Pode-se, pois, concluir que os vírus não são unidades de vida, porque não podem manter-se independentemente da célula que infectam (MELO, 2013, p.01)

Por sua vez, nas palavras de Alberts (2017):

A célula individual é a unidade autorreprodutora mínima de matéria viva e consiste em um conjunto de catalisadores autorreplicantes. A transmissão de informação genética para a progênie é essencial para a reprodução. Todas as células em nosso planeta armazenam sua informação genética de uma mesma forma química – como DNA de fita dupla (ALBERTS, 2017, p.10).

Junqueira e Silva Filho (2012) ressaltam que:

A célula é a unidade que constitui os seres vivos podendo existir isoladamente, nos seres unicelulares, ou formar arranjos ordenados, os tecidos, que constituem o corpo dos seres pluricelulares. Em geral, os tecidos apresentam quantidades variáveis de material extracelular, produzido por suas células. (JUNQUEIRA e SILVA FILHO, 2012, p. 3).

Adicionalmente, para estes autores:

As células são as unidades funcionais e estruturais dos seres vivos. Apesar da grande variedade de animais, plantas, fungos, protistas e

bactérias, existem somente dois tipos básicos de células: as procariontes e as eucariontes (JUNQUEIRA, SILVA FILHO, 2013, p. 22).

Muito embora no âmbito acadêmico haja discussões relativas à organização celular da vida, elas não estão presentes nos materiais destinados ao ensino na rede estadual paulista, de forma que julgamos não ser adequado inserir a problemática naquele momento da aprendizagem. Adicionalmente, para questionar a celularidade da vida, é necessário um conhecimento mais profundo sobre a Teoria Celular, os processos evolutivos, e vias metabólicas das células, requisitos não apresentados pelos estudantes no momento de realização da pesquisa. Portanto, por concordarmos com a correlação direta entre a presença de célula e a formação dos seres vivos, partimos da definição de célula acima apresentada.

Na proposta curricular do estado de São Paulo, vigente no ano de 2017, os conceitos sobre a organização celular da vida são trabalhados, inicialmente, no 7º ano do ensino fundamental pela disciplina de Ciências e retomados nas séries subsequentes. Portanto, era esperado que alunos pertencentes à 2ª série do ensino médio já estejam familiarizados com a temática e que relacionem as células com a formação dos seres vivos e de suas estruturas.

No intuito de fazer emergir o conhecimento sobre Células já presente na mente dos estudantes, aplicamos o primeiro questionário a fim de investigar se este grupo considerava a célula como unidade básica da vida. Nesta atividade, os alunos deveriam explicitar, através da elaboração de um desenho, aquilo que consideravam como sendo a menor parte estrutural do corpo humano.

Tendo em vista que as técnicas de análise de conteúdo investigam mensagens, sejam elas verbais (oral ou escrita), gestual, silenciosas, figurativas, documentais ou diretamente provocadas (FRANCO, 2012), consideramos a criação de desenhos uma forma de expressão e produção de mensagens passível de ser estudada sob o viés da análise de conteúdo segundo a proposição de Bardin (2011)

A partir da leitura fluente das produções dos alunos, categorizou-se os desenhos em três grupos:

l) **Grupo I: Características macroscópicas do corpo humano:** engloba desenhos que contém partes estruturais do corpo humano, tais como mãos, braços, olhos e, até mesmo, o desenho do corpo humano completo. Nesta categoria, não

há menções sobre a estrutura celular e/ou seus componentes. O aluno desconhece ou não relaciona a célula como sendo parte estruturante do corpo e sua resposta está em desacordo com o conhecimento científico, ou seja, pode-se enquadrá-la em uma **concepção não científica**, conforme os exemplos a seguir:

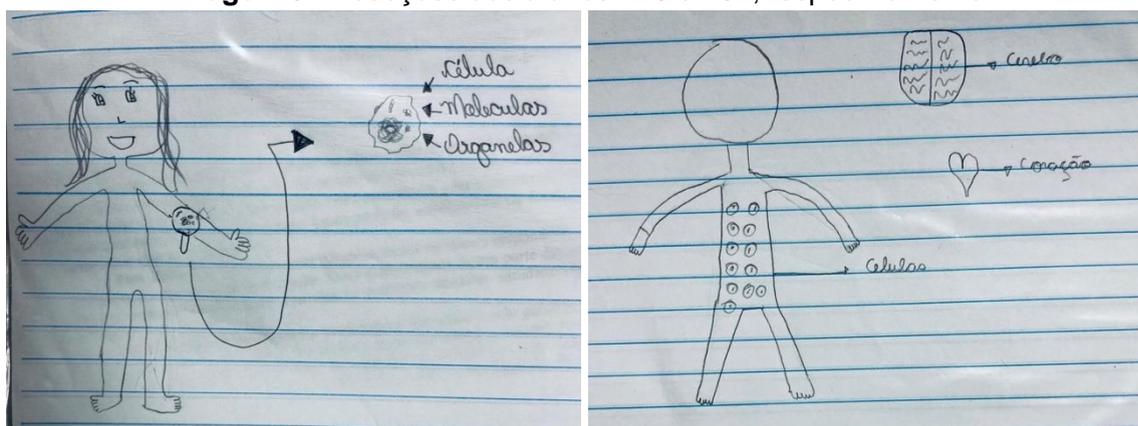
Imagem 2: Produções dos alunos A5 e A43, respectivamente



Fonte: Questionário 1 deste projeto de pesquisa.

II) Grupo II: Partes macroscópicas do corpo humano acrescida dos elementos células e/ou bactérias: abarca representações em que são indicadas a presença de células na formação de uma estrutura macroscópica do corpo humano e/ou a presença de bactérias associadas ao corpo. Nesta categoria, o aluno demonstra ter conhecimento da existência da célula e de que ela faz parte da composição do corpo humano. No entanto, não a relaciona como sendo a menor parte estrutural do corpo e, desta forma, revela que ainda há confusão entre o conceito científico e conceitos não científicos, apresentando uma **concepção híbrida**. Por haver a menção às palavras células e/ou bactérias nos desenhos, optamos por separar os desta categoria em três subcategorias sendo elas: *Corpo + bactérias* ou *Corpo + células* ou *Corpo + células + bactérias*.

Imagem 3: Produções dos alunos A28 e A52, respectivamente

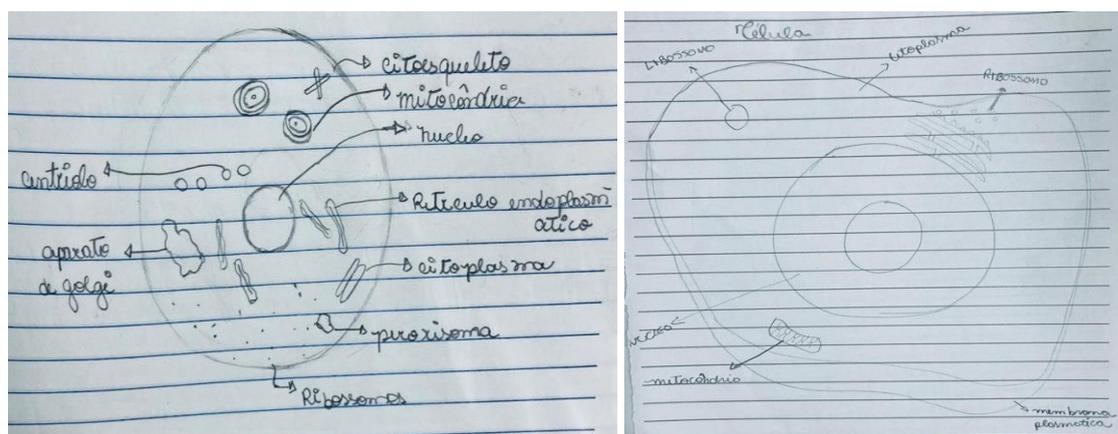


Fonte: Questionário 1 deste projeto de pesquisa

III) **Grupo III: Desenhos contendo somente célula(s):** incluem representações exclusivamente celulares, ou seja, produções em que não há qualquer elemento que remeta a uma região macroscópica do corpo humano. O aluno demonstra compreender o conceito de célula como estrutura do corpo humano, de acordo com a **concepção científica**. Conforme a complexidade dos desenhos obtidos, as produções enquadradas nesta categoria puderam ser divididas em outras três subcategorias. Na primeira, o aluno faz um desenho que tende ao formato circular e o denomina como sendo uma célula. Não há representação de um núcleo e/ou organelas. A segunda subcategoria apresenta desenhos de célula similares à imagem de um ovo frito, ou seja, formato arredondado com uma estrutura circular interna, podendo ou não haver a designação deste componente. Já a terceira subcategoria contém desenhos mais complexos, nos quais o aluno demonstra ter mais domínio de conteúdos referentes à organização celular, além de fazer menção a organelas.

Consideramos que apenas os desenhos contendo estruturas que remetem à organização celular estariam em acordo com o conceito de célula vigente.

Imagem 4: Produções dos alunos A50 e A20, respectivamente



Fonte: Questionário 1 deste projeto de pesquisa.

A partir desta categorização, verificou-se a distribuição – em valor absoluto e em termos percentuais - dos desenhos em cada categoria, cujos resultados estão representados na Tabela 2:

Tabela 2: Distribuição quantitativa das produções discentes nas categorias estabelecidas

Concepção	Categoria	Subcategoria	Primeira aplicação Porcentagem e número absoluto de produções enquadradas
Não científica	Características macroscópicas do corpo humano	Não há	50% (31 desenhos)
Híbrida	Partes macroscópicas do corpo humano acrescida dos elementos células e/ou bactérias	Corpo + bactérias	23% (13 desenhos)
		Corpo + células	2% (1 desenho)
		Corpo + células + bactérias	6% (4 desenhos)
Científica	Somente desenhos contendo célula (s)	Células arredondadas sem designação ou evidência de estruturas	3% (3 desenhos)
		Células arredondadas com a evidência do núcleo (semelhante a um "ovo")	2% (1 desenho)
		Células com denominação de estruturas e presença do núcleo	15% (9 desenhos)

Fonte: elaborada pela autora

Conforme evidenciado na Tabela 2, na primeira aplicação 50% dos estudantes associam as menores partes estruturais do corpo humano a elementos macroscópicos, tais como braços, pernas, órgãos e até mesmo o corpo todo, não fazendo qualquer menção às células. Cerca de 30% demonstram conhecer que há uma relação entre a formação do corpo humano e as células, porém, esta relação mostra-se vaga e incompleta. Apenas 20% explicitaram ser a célula a menor parte estrutural macromolecular do corpo humano.

Muito embora esta temática seja abordada desde o Ensino Fundamental II, os dados apontam que este conhecimento não foi ancorado, de forma significativa, na estrutura cognitiva desses alunos, indicando uma lacuna no ensino na aprendizagem de conceitos científicos referentes às células. Nossos resultados são semelhantes aos encontrados em pesquisas anteriores, desenvolvidas por Senabre e Giménez (1993), Palmero e Moreira (1999), Palmero (2003) e Cunha (2011).

Apesar de transcorrido mais de 20 anos entre a publicação do trabalho de Senabre e Giménez (1993) e a nossa pesquisa, constatamos resultados semelhantes aos dessas autoras, uma vez que o grupo de alunos analisados por elas, assim como os nossos, apresentavam dificuldades em identificar e correlacionar as funções das organelas e demais estruturas celulares.

Palmero e Moreira (1999) destacaram que, além dos estudantes apresentarem grandes dificuldades em conceituar a célula do ponto de vista biológico, eles também não compreendem o papel vital destas estruturas na formação da vida. Cunha (2011), por sua vez, ressaltou que o grupo amostral participante de sua pesquisa apresentava baixa compreensão do funcionamento e da estrutura celular e demonstra dificuldades em compreender a participação dinâmica das células na vida dos seres vivos.

Inúmeros são os fatores que poderiam desencadear esses resultados, tais como, a falta de professores e/ou professores não formados na área de ensino de ciências que ministraram esse conteúdo, falta de estrutura escolar, falta de interesse dos alunos em aprender, prontidão cognitiva e/ou falta de subsunçores adequados para ancorar esse conhecimento.

A partir desses resultados, constatou-se que cerca de 80% dos participantes

apresentavam concepções em desacordo com o conceito científico de célula. Cunha (2011) obteve resultados similares com alunos do ensino médio de uma escola pública do Rio de Janeiro. Segundo esta autora, inicialmente, o grupo apresentava conhecimento fragmentado sobre célula, pouco coerente com as explicações científicas mais recentes e com o que as propostas curriculares defendem como ideal.

Pedrancini (2007), por sua vez, considera que a maioria dos estudantes do ensino médio apresenta uma ideia pouco definida sobre célula, confundindo este conceito com os de átomo, molécula e tecido. Vanderlei (2020), ao analisar estudantes pertencentes à segunda série do ensino médio, também constatou que, em linhas gerais, estes apresentaram respostas pouco consistentes e concepções vagas sobre o conceito de célula, fato este que causa estranhamento, pois o estudo da célula e suas particularidades pertence ao currículo do 1º ano do ensino médio.

Desta forma, os resultados obtidos inicialmente reforçam o que aponta a literatura e revelam que estes alunos apresentam lacunas na aprendizagem do conceito de célula.

Para o grupo amostral analisado nesta pesquisa, constatou-se que o conhecimento prévio sobre a célula se pautava em estruturas macroscópicas, possuindo a noção de que o corpo humano era formado por um conjunto de “peças” (membros, órgãos, tronco...) e que estas, ao se juntarem, formariam uma estrutura mais complexa.

Com base nesta constatação, os novos conhecimentos deveriam se ancorar no conceito de “corpo humano”, ou seja, partiríamos da estrutura macroscópica corporal para ancorar os conceitos relativos à estrutura celular. Neste processo, ao ancorar novos conhecimentos aos conhecimentos prévios presentes na estrutura cognitiva dos alunos, ocorrem transformações idiossincráticas, nas quais tanto o novo conhecimento quanto o subsunçor pré-existente são remodelados e ressignificados pelo indivíduo. Quando estas transformações ocorrem de forma significativa, os conceitos se tornam, progressivamente, mais diferenciados, elaborados e estáveis na mente do aprendiz.

Em complementaridade ao fato da maioria do grupo amostral não

correlacionar a célula com a menor parte estruturante de um ser vivo, faz-se necessário estabelecer qual a concepção de ser vivo apresentada por esses alunos- quais seres/objetos consideram como tal, e se esses alunos relacionavam a presença de célula com a formação da vida.

A correlação entre a presença de célula e a vida foi aferida através do conjunto de questionamentos agrupados na Questão 9: *Para você, os seres vivos possuem células? Você acredita que haja relação entre a presença de células e a vida? Justifique sua resposta.* Aqui, procurou-se estimular os alunos a explicitarem, de forma escrita, suas compreensões sobre esta temática.

A partir da leitura flutuante (BARDIN, 2011) das respostas a esta questão nos deparamos com uma dicotomia, na qual uma parcela dos alunos explicitou, com diferentes graus de complexidade, que existe uma relação direta entre a presença de células e a vida. Em oposição, outros estudantes afirmam que esta relação não é válida. Paralelamente, uma pequena quantidade de alunos não respondeu a esta pergunta. Com base nesta constatação, as respostas foram classificadas em três categorias que são mutuamente excludentes, ou seja, a resposta de um aluno não pode ser classificada em mais de uma categoria:

a) *Acredita que haja relação entre a presença de células e a vida.*

Nesta categoria estão agrupadas as respostas dos alunos que acreditam haver relação entre a presença de células e a vida. De acordo com a justificativa fornecida, podemos alocar as respostas em cinco subcategorias conforme descrição a seguir:

- I) Subcategoria *Não justifica a resposta*, em que o aluno escreve apenas a palavra “sim” e/ou apresenta uma justificativa sem coerência/incompreensível, como podemos ver nos exemplos a seguir:

A21: “Sim”

A26: “Sim, pelo fato de tudo que e vivo possuí células (ou nem quase tudo)”

- II) Subcategoria *Afirma que na ausência de células a vida não existiria*, engloba respostas nas quais os alunos explicitam não haver possibilidade de vida na

ausência de células, exemplificada nas falas de A59 e A62:

A59: “Sim, pois a célula que forma o corpo e o corpo é a vida e onde tem vida tem célula”

A62: “Sim. Sim. Por que sem as células não teria como formar a vida humana”

- III) Subcategoria *Correlaciona com a formação de tecidos e/ou órgão*: abarca respostas em que são explicitados exemplos de tecidos e/ou órgãos do corpo humano, conforme os exemplos a seguir:

A04: “Sim, porque o coração tem células e precisamos de um coração para viver”

A40: “Sim, pois a célula forma a massa do ser vivo pele e preserva o que ele é – código genético (DNA)”

- IV) Subcategoria *Correlaciona ao “funcionamento do organismo”*: abriga respostas que apresentam alguma derivação da palavra “funcionar” (ou seus sinônimos) e atribuem o sentido de desempenhar atividades metabólicas para as células como podemos observar na resposta fornecida pelo discente A29:

A29: “Sim. Sim porque porque dependemos dela para funcionar o nosso corpo”

- V) Subcategoria *Correlaciona com mecanismos de proteção ao corpo*: o estudante utiliza o verbo “proteger” ou suas conjugações em suas respostas:

A07: “Sim, existe por que se não não seríamos protegidos e nem formados os órgãos”

A09: “Sim. Os seres vivos possuem células, e precisam delas por que as células tem várias funções, algumas até previne e protege que vírus invasor penetre em nossos órgãos causando doenças”

Cabe destacar que, de acordo com o grau de complexidade da argumentação, podemos incluir a resposta de um mesmo aluno em mais de uma subcategoria. A título de exemplificação, transcrevemos, de forma literal, a resposta que A07 forneceu a esta questão: “*Sim, existe por que se não não seríamos protegidos e nem formados os órgãos*”. Esta resposta enquadra-se nas subcategorias *Correlaciona com mecanismos de proteção ao corpo* e *Correlaciona com a formação de tecidos e/ou órgão*, pois contém palavras que remetem a ambas as classificações.

O enquadramento em mais de uma subcategoria ocorreu com poucos alunos, sendo que a maioria das respostas puderam ser classificadas apenas em uma categoria e uma subcategoria.

b) Não acredita que as células estejam presentes em todos os seres vivos.

Nesta categoria estão enquadradas as respostas dos alunos que não consideram haver uma ligação entre a presença de células e a vida. As respostas apresentam como elemento central a palavra “*não*”, que pode estar acompanhada de uma breve justificativa conforme podemos verificar nas respostas dos estudantes A30 e A51:

A30: “não acredito”

A51: “Não acho que todos os seres vivos possuam células. Sim as células tem funções muito importantes”

c) Não respondeu

Os alunos pertencentes a esta categoria não escreveram nenhuma palavra nesta questão.

Com base nas respostas de todos os alunos, obteve-se os resultados apresentados na Tabela 3:

Tabela 3: Categorização das respostas obtidas na Questão 9

Categoria	Subcategoria	Porcentagem de respostas
Acredita que haja relação entre a presença de células e a vida	Não justifica a resposta	16%
	Afirma que na ausência de células a vida não existiria.	56%
	Correlaciona com a formação de tecidos e/ou órgão	18%
	Correlaciona ao “funcionamento do organismo”	11%
	Correlaciona com mecanismos de proteção ao corpo	6%
Não acredita que as células estejam presentes em todos os seres vivos.	-----	3%
Não responderam	-----	3%

Fonte: elaborada pela autora

De forma majoritária, o grupo amostral demonstra conhecer e concordar que existe uma relação entre a presença de célula e a presença da vida, estando em acordo com a concepção científica. No entanto, como se verificou na aplicação do Questionário 1, muito embora os alunos relacionem a presença de células com a vida, estes não a consideram como a menor parte estruturante do corpo humano.

Partindo da correlação entre a presença de célula e a vida, procurou-se investigar quais organismos os alunos consideram como portadores de células a partir das seguintes questões:

- **Questão 02:** Quais organismos ou objetos você acredita que possuam células? Cite **CINCO** exemplos.
- **Questão 03:** Quais organismos ou objetos você acredita que **NÃO** possuam células? Cite **CINCO** exemplos.
- **Questão 04:** Abaixo, encontra-se uma lista contendo exemplos de seres vivos e de objetos. Circule aqueles nomes que você considera que **possuem células**.

<i>Feijão</i>	<i>Cachorro</i>	<i>Tomate</i>	<i>Árvore</i>
<i>Bactérias</i>	<i>Fungos</i>	<i>Vírus</i>	<i>Ameba</i>
<i>Onça</i>	<i>Gato</i>	<i>Raízes de plantas</i>	<i>Pote de plástico</i>
<i>Régua de plástico</i>	<i>Vidro</i>	<i>Geladeira</i>	<i>Piolho</i>
<i>Seres humanos</i>	<i>Alface</i>	<i>Lentilha</i>	<i>Dinheiro</i>

No intuito de categorizar as respostas obtidas na Questão 2, agrupou-se os exemplos citados nas seguintes categorias: *Animais*, *Vegetais*, *Microorganismos* (fungos, bactérias e protozoários), *Objetos* (definidos como matéria desprovida de estrutura celular e de atividade metabólica) e *Vírus*, além da categoria *Não Respondeu* destinada aos alunos que não citaram quaisquer exemplos. O mesmo procedimento foi adotado para categorização das respostas obtidas na Questão 4, na qual são citados alguns exemplos e cabe aos alunos circularem aqueles que correspondem aos seres vivos. As respostas obtidas podem ser verificadas na Tabela 4:

Tabela 4: Categorização das respostas obtidas referentes às questões 2, 3 e 4 do Questionário 2

Categoria	Questão 2	Questão 3	Questão 4
Animais	94%	8%	92%
Vegetais	48%	27%	61%
Micro-organismos	52%	11%	81%
Objetos	8%	84%	8%
Vírus	13%	10%	58%
Não responderam	2%	2%	-----

Fonte: elaborada pela autora

De acordo com o conhecimento científico vigente, todos os seres vivos são portadores de células e considera-se como tal, de forma genérica, os animais, os vegetais, os fungos, os protozoários, as bactérias, *Archaea* (organismos unicelulares e procariotos similares as bactérias) e algas. As Questões 2 e 3 foram, propositadamente, elaboradas de forma a serem antagônicas, no intuito de revelar a existência de possíveis discrepâncias no perfil de respostas apresentadas e a existência de respostas ao acaso (popularmente conhecidas no universo escolar como “chutes”).

Os dados revelam que quase a totalidade dos alunos consideram os animais como organismos portadores de células. Com relação aos vegetais, os dados mostram-se bastante dispersos, pois 48% os consideram possuidores de células, ao passo que 27% os consideram delas desprovidos. No entanto, ao analisarmos as respostas obtidas na Questão 4, nota-se que 61% dos respondentes consideram serem os vegetais possuidores de células, um acréscimo de 13% em relação à Questão 2. Essa discrepância nos indica que uma parcela dos alunos pode ter respondido ao acaso na Questão 04. O mesmo perfil pode ser observado com relação ao grupo dos micro-organismos.

Curiosamente, poucos alunos citaram como exemplos os vírus nas Questões 2 e 3. Contudo, 58% indicaram que estes são portadores de células na Questão 4, o que possibilita duas inferências:

a) A maioria dos participantes, realmente, acredita que os vírus sejam portadores de células e apenas “esqueceram” de citá-los nas questões anteriores;

b) Os alunos não sabem se os vírus realmente possuem células e marcaram aleatoriamente esta opção.

Em ambos os casos, constata-se que o grupo amostral possui conhecimentos em desacordo com o conhecimento científico vigente, uma vez que os vírus são estruturas acelulares e, desta forma, desprovidos de vida.

Com relação aos objetos, poucos os citaram como possuidores de células nas Questões 2 e 4, indicando que o grupo reconhece sua natureza inanimada.

A partir da análise destas três questões, pode-se verificar que o grupo amostral aponta, de forma intuitiva, conhecer a relação entre a presença de célula e a vida, muito embora haja confusão entre quais organismos são considerados como seres vivos. Pegoraro *et al.* (2003) obteve resultados similares em sua pesquisa, com 40,66% dos alunos entrevistados indicando que sem a célula não há vida, ou que ela é fundamental para a sobrevivência, porém sem consenso sobre a constituição celular de seres vivos como insetos, répteis, árvores, bactérias e fungos. Ao analisar os dados obtidos com alunos da 6°, 9° e 11° séries, Yorek, Sahin e Ugulu (2010) concluíram que 75% reconhecem a célula como unidade básica da vida, mas a maioria não compreende as funcionalidades celulares e sua correlação para manutenção da estrutura corporal.

Com relação às funções celulares, objeto de estudo da Questão 7 - *Quais são as funções de uma célula? Em outras palavras, para que serve uma célula?* – obtivemos uma expressiva diversidade de respostas. Após leitura flutuante deste material, observamos que os alunos correlacionavam as funções celulares com o funcionamento e estruturação do corpo humano.

No intuito de compreender e classificar com mais detalhamento, as respostas foram agrupadas em seis categorias que não são mutuamente excludentes, ou seja, o padrão organizacional da resposta permitiu seu enquadramento em mais de uma categoria.

Todas as respostas obtidas relacionam-se com funções pertinentes às células, não sendo observadas respostas com inferências a outras funções. As categorias são descritas a seguir:

a) **Auxilia na produção de tecidos e/ou órgãos:** abarca respostas que contém, explicitamente, as palavras “tecido”, “órgãos” e/ou apresentam exemplos destas

estruturas, como ilustram os exemplos a seguir:

A51: “Não Tenho certeza mais acho que as células estão presentes no nosso sangue. Por isso devem desempenhar algumas funções importantes no sangue”

A54: “O ser humano as células forma as digitais do ser humano.

“A55: “Que juntos formam um tecido que compõe o corpo.”

- b) **Auxilia no “funcionamento” e/ou formação do organismo:** abarca respostas que citam o verbo “funcionar” (no sentido de realização das atividades metabólicas) e seus derivados e/ou explicitam que as células estão relacionadas à formação do organismo ou de suas estruturas, ilustrados a seguir:

A15: “Fazer com que o corpo funcione por exemplo os órgãos, organismo e fazer asreconstruções do corpo”

A27: “Sim, serve para regular a entrada de sal e açúcar no sangue”

A39: “Para o corpo do ser vivo conseguir viver contendo varios componentes que ajuda o a proteger e deixa o corpo mais forte, elas faz a formação do corpo”

- c) **Formação dos seres vivos e/ou da vida:** demonstram, explicitamente, que as células estão diretamente relacionadas com a formação da vida, como ilustrado a seguir:

A07: “Para formação dos seres humanos, a respiração do corpo para ter vida”

A28: “A célula serve para nos manter vivos, elas formam nossos órgãos. Cada “grupo” de células são responsáveis por alguma função do nosso organismo, por exemplo nosso crescimento”

A50: “Dar vida a um ser humano”

- d) **Armazenamento do DNA e produção de energia:** relacionam as funções celulares com o armazenamento e manutenção do DNA e/ou relacionam a célula com funções produtoras de energia. Nesta categoria, as palavras “DNA” e/ou “energia” estão presentes nas respostas. Vejamos o exemplo a seguir:

A53: “A célula serve para trabalhar dentro de nós, algumas carregam DNA”

e) **Proteção do corpo:** respostas que explicitam serem as células responsáveis por promover a proteção aos corpos, em especial o corpo humano. Exemplos a seguir:

A38: “Para o corpo do ser vivo conseguir contendo varios componentes que ajuda o a proteger e deixar o corpo mais forte, elas faz a formação do corpo”

A60: “Cada célula tem sua função de proteção ao corpo”

A62: “Para proteger o corpo humano”

f) **Não responderam:** abarca os alunos que não escreveram uma resposta a esta questão.

Com base nesta classificação, obteve-se a distribuição de respostas apresentada na Tabela 5:

Tabela 5: Categorização das respostas obtidas com a Questão 7

Categoria	Porcentagem de respostas
Auxilia na produção de tecidos e/ou órgãos	21%
Auxilia no “funcionamento” e/ou formação do organismo	48
Formação dos seres vivos e/ou da vida	16%
Armazenamento do DNA e produção de energia	2%
Proteção do corpo	32%
Não respondeu	6%

Fonte: elaborada pela autora

Majoritariamente, os alunos atribuem às funções celulares elementos que remetem ao corpo humano, com relativo antropocentrismo, não sendo encontradas nas respostas uma extrapolação das funções celulares para os demais seres vivos.

Conforme constatado na Questão 9, o grupo amostral apresenta a percepção de serem as células responsáveis pela constituição da vida. Cerca de 50% as correlacionaram ao “funcionamento” do organismo, ou seja, explicitaram serem as células responsáveis pela organização e manutenção das atividades metabólicas dos seres vivos. Dentre as múltiplas funções citadas, 32% especificaram as atividades imunológicas, ou seja, descreveram que as células protegem o corpo humano. Similares resultados foram obtidos por Senabre e Giménez (1993) ao investigar um grupo de alunos concluintes da educação básica que compreendiam a célula como uma unidade viva, formadora de outros seres vivos e que desempenham funções vitais.

Com base nestes dados, percebe-se que todas as funções celulares citadas pelos alunos se referem a atividades que, verdadeiramente, são desempenhadas pelas células, embora haja um direcionamento das funções ao corpo humano, com um certo grau de antropocentrismo.

Com relação à quantidade de células necessárias para formação do corpo humano adulto, objeto de investigação da quinta questão, pode-se notar que o grupo não consegue dimensionar, em escala numérica, este dado. Para responder a esta questão, os alunos foram orientados a escalonar suas respostas em uma escala que variou de “unidade” até “quatrilhões” de células, obtendo-se os resultados ilustrados na Tabela 6:

Tabela 6: Categorização das respostas obtidas na questão 05

Quantidade de células	Porcentagem das respostas
Unidade	5%
Dezena	5%
Centena	2%
Milhar	27%
Milhão	19%
Bilhão	16%
Trilhão	13%
Quatrilhão	5%
Infinitas	2%
Não Respondeu	0%
Resposta Incoerente	6%

Fonte: elaborada pela autora

Certamente, não há uma resposta “correta” que apresente a quantidade exata de células que um ser humano possui uma vez que esta informação está diretamente relacionada à quantidade de matéria presente no corpo, algo extremamente variável entre os indivíduos. Contudo, sabe-se que a estrutura corporal de um ser humano adulto, não portador de nanismo, apresenta cerca de trilhões de células.

Para cerca de 46% dos alunos, o corpo humano apresenta milhares ou milhões de células, um número muito abaixo da quantidade real, sendo que somente 13% estimam o valor corretamente. Tal resultado indica um desconhecimento da dimensão de uma célula, comprometendo o excedente desse valor para as dimensões corporais. Contudo, 90% dos alunos ao responderem à Questão 10 “*Para visualizar uma célula é necessário utilizar algum equipamento? Em caso afirmativo, cite o nome deste ou destes equipamentos.*” indicaram ser necessária a utilização do microscópio¹ uma vez que as células são estruturas diminutas e dificilmente visíveis a olho nú. Vigario e Cicillini (2019)

obtiveram resultados semelhantes ao analisar as concepções de alunos que cursam o *bachillerato* na Catalunha/Espanha, etapa de ensino similar ao ensino médio brasileiro, corroborando que estudantes no final da educação básica apresentam, de forma geral, a ideia de que células sejam estruturas pequenas que necessitam de um instrumento especial para sua visualização.

Em complementaridade à Questão 05, procurou-se investigar qual seria, no imaginário deste grupo de estudantes, a aparência de uma célula. Para fazer emergir essas respostas, solicitamos que respondessem a seguinte questão: *Para você, as células são todas iguais, ou seja, apresentam sempre a mesma forma e o mesmo aspecto físico? Justifique sua resposta.* (Questão 08)

A leitura flutuante do material obtido propiciou a formação de quatro categorias nas quais as respostas apresentam um único enquadramento:

a) *Não possuem a mesma forma física, mas o aluno não justifica sua resposta:*

Abarca respostas que contenham apenas a palavra “não” e/ou menções como “não são todas iguais” sem justificativa. Exemplos dessa classificação podem ser vistos a seguir:

A01: “Não, pois existem células que são diferentes, formas diferentes, tamanhos, etc.”

A03: “Não todas são diferentes com formatos diferentes”

A05: “Não por que algumas já tem o modelo diferente”

b) *Não possuem a mesma forma uma vez que apresentam formatos diferentes e/ou desempenham funções diferentes no organismo:*

abarca respostas em que os alunos alegam, explicitamente, que as células apresentam formatos diferentes e/ou não apresentam o mesmo formato devido ao fato de exercerem funções diferentes. Como ilustram as falas de A17, A27 e A39 a seguir:

A17: “Não, elas podem ter a mesma função mas a mesma forma é improvável que tenha.somente com um aparelho microscópio dá para ter uma noção de como são”.

A27: “Não, pois assim como o corpo humano tem partes diferentes para fazer certas ações assim são as células.”

A39: “Não, para mim elas são semelhantes mas com aspectos mais arredondados e outras mais oval.

c) **Formas variáveis de acordo com o tipo de ser vivo:** demonstra explicitamente que o aspecto físico de uma célula está diretamente relacionado com a espécie à qual pertence, exemplificadas a seguir:

A06: “Não, as células das plantas são diferentes das células da gente”

A07: “Não, porque os animais são diferentes, plantas e seres humanos.”

A28: “Não, são diferentes, por isso formam diferentes tipos de corpos”

d) **Possuem o mesmo aspecto físico:** abarca respostas em que se afirma serem as células todas possuidoras do mesmo formato. Exemplos a seguir:

A16: “Sim, por que elas se multiplicam e são clonadas”

A42: “Sim, todas mesma função”

A50: “Sim, as células são todas iguais e apresentam a mesma função”

Com base nesta categorização, obteve-se a seguinte distribuição de respostas representado na Tabela 7:

Tabela 7: Categorização das respostas obtidas para a Questão 08

Categoria	Porcentagem de respostas
Não possuem a mesma forma física mas o aluno não justifica sua resposta	34%
Não possuem a mesma forma uma vez que apresentam formatos diferentes e/ou desempenham funções diferentes no organismo	37%
Formas variáveis de acordo com o tipo de ser vivo	12%
Possuem o mesmo aspecto físico	17%

Fonte: elaborada pela autora

Devido ao nível de detalhamento das respostas, algumas puderam ser enquadradas em mais de uma categoria. Majoritariamente, os alunos possuem a percepção de que as células apresentam diferentes aspectos físicos, sendo que

37% das respostas atribuem essas diferenças ao fato destas estruturas exercerem diferentes funções no organismo. No entanto, apesar de, acertadamente, um terço dos alunos mencionarem que as células possuem diferentes aspectos, eles não foram capazes de justificar esta característica, indicando faltar conhecimentos para complementar suas respostas.

Através de uma analogia com a composição estrutural de uma casa, algo comum e presente no cotidiano dos alunos, procurou-se investigar os conhecimentos relativos à formação estrutural de uma célula, objeto de análise da Questão 06: *Uma casa, basicamente, é formada por tijolos, cimento, telhas, portas e janelas. No caso das células, do que elas são formadas?*

Seu objetivo foi verificar a presença de conceitos e palavras referentes à organização celular na estrutura cognitiva dos estudantes, tais como a existência de organelas, do núcleo, DNA e da membrana plasmática. Muito embora o foco desta questão não estivesse em aferir se os alunos relacionavam uma determinada organela à sua função, procurou-se elencar quais termos estes conheciam e se eram capazes de relacioná-los à estrutura celular, e, para isso, tinham liberdade para citar quantas palavras julgassem necessárias. As respostas foram categorizadas com relação à quantidade de organelas e à diversidade de estruturas citadas. Os resultados podem ser apreciados na Tabela 8:

Tabela 8: Categorização das respostas referentes à questão 06

Categorias	Porcentagem de respostas
Não respondeu	42%
Sangue	8%
Ossos	11%
Núcleo	34%
DNA	3%
Membrana Plasmática	32%
Citoplasma	3%
Citoesqueleto	0%
Organelas (sem especificar)	2%

Fonte: elaborada pela autora

Para esta questão, mais de 40% dos participantes optaram por não responder, revelando que uma significativa parcela não recordava quais estruturas compunham uma estrutura celular.

Dentre aqueles que a responderam, 19% citaram exemplos de estruturas macroscópicas do corpo humano, corroborando os dados encontrados com a aplicação do primeiro questionário, no qual atribuíram a presença de estruturas macroscópicas, como osso e sangue, à composição celular uma vez que estes tecidos são elementos estruturantes dos corpos.

Já para o grupo de alunos que citaram estruturas celulares, 34% mencionaram o núcleo; 32% a membrana plasmática, demonstrando que um terço dos participantes conseguiram correlacionar tais estruturas à composição de uma célula; menos de 5% recordaram a existência do citoplasma ou o nome de alguma organela citoplasmática.

No estudo realizado por Vigarito e Cicillini (2019), muitos alunos manifestaram dificuldades com a classificação celular, apesar de conhecerem termos próprios da linguagem biológica, revelando certa desorganização de ideias relativas ao conteúdo biológico, atrelada à multiplicidade de conhecimentos e à quantidade de nomes científicos. Essas constatações também foram verificadas em nossa pesquisa, revelando que os conceitos referentes à estrutura e composição celular estão fracamente presentes na estrutura cognitiva dos estudantes que participaram desta pesquisa, sendo necessária uma abordagem que vise estabelecer subsunções para que tais conceitos possam ser ancorados.

4.2. Síntese dos resultados obtidos com a primeira aplicação dos questionários: levantamento dos conhecimentos prévios deste grupo amostral.

Devido à complexidade das temáticas presentes no currículo da disciplina de Biologia, muitos professores observam que seus alunos enfrentam dificuldades em assimilar os conteúdos. Uma das possibilidades para auxiliar nessa tarefa consiste em realizar o levantamento dos conhecimentos prévios que os

estudantes possuem sobre um determinado assunto, antes de sua abordagem em sala de aula, uma vez que conhecer “aquilo que o aluno já sabe” possibilita ao professor a estruturação de Unidades de Ensino Potencialmente Significativas específicas, potencializando o processo de ensino aprendizagem.

Tendo em vista a relevância dos conceitos relativos ao tema célula, a partir da aplicação dos dois questionários pode-se estabelecer quais os conhecimentos prévios que os sujeitos analisados nesta pesquisa possuíam assim como as principais ausências deste conhecimento. Os principais resultados indicaram que os alunos:

- a) desconhecem ou pouco relacionam a presença de células como sendo as menores partes estruturais dos organismos;
- b) reconhecem que há relação entre a presença de célula e a presença da vida sendo que 48% correlacionam as células com a constituição dos corpos e com o metabolismo;
- c) consideram os animais como seres portadores de células, mas não têm esta certeza com relação aos demais grupos de seres vivos;
- d) consideram os objetos como desprovidos de células;
- e) não compreendem, em escala, a quantidade de células necessárias para a formação do corpo humano adulto;
- f) em relação à estrutura celular, um terço dos alunos demonstrou conhecer a presença de núcleo e/ou da membrana plasmática, mas poucos são capazes de citar a existência das organelas. Majoritariamente, o grupo possui a percepção de que as células apresentam diferentes aspectos físicos, mas apenas 50% apresentam alguma justificativa para tal;
- g) 90% declararam conhecer a necessidade da utilização de um microscópio para visualização das células, demonstrando assim que reconhecem essas estruturas diminutas como impossíveis de serem visualizadas sem o auxílio de um instrumento óptico.

A partir destas constatações, estruturou-se as Unidades de Ensino

Potencialmente Significativas aplicadas na pesquisa. Como apontam Novak e Gowin (1996), estudantes e professores devem estar conscientes do valor que os conhecimentos prévios contribuem na aquisição dos novos conhecimentos pois os estudantes trazem sempre algo deles próprios, não sendo uma tábula rasa para nela se escrever ou um contentor vazio para se encher, e ignorar esses conhecimentos pode comprometer a aprendizagem dos conceitos científicos.

4.3. O processo de construção da UEPS

Tendo como referencial teórico a Teoria da Aprendizagem Significativa (AUSUBEL, 2003), e partindo dos resultados obtidos com a primeira aplicação dos questionários, elaboramos três Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (MOREIRA, 2013) a partir dos conhecimentos prévios apresentados pelo grupo de alunos que participaram da pesquisa.

As UEPS foram elaboradas, especificamente, para atender às demandas deste grupo, sendo construídas e reconstruídas ao longo do processo, em um contínuo repensar/remodelar, adaptando às situações de ensino inicialmente previstas para o nosso contexto real.

Em todos os encontros, foram garantidos aos estudantes espaços de fala para que eles tivessem a liberdade para expressar seus anseios e angústias, uma vez que entendemos que o diálogo é um elemento vital ao processo de ensino e aprendizagem. Uma das demandas advindas deste grupo foi a inserção de vídeos e figuras que exemplificassem os temas trabalhados, pois, segundo os alunos, a visualização das estruturas e processos seria um fator de facilitação da aprendizagem. Desta forma, procuramos inserir grande quantidade de elementos visuais (imagens reais de células, representações esquemáticas e vídeos) em todas as aulas, procurando atender a esta demanda.

O processo de construção/reconstrução das UEPS sofre direta influência do seu contexto de produção e implantação, perpassando por obstáculos que, muito embora dificultem, não foram capazes de impedir sua realização.

4.3.1. Obstáculos

A partir dos conhecimentos prévios anteriormente descritos e emergidos das respostas dos alunos aos questionários, iniciou-se a construção das UEPS tendo como base apenas os materiais pedagógicos disponíveis na unidade escolar (tais como kit projetor, cartolinas, tintas, cola...). Por se tratar de um projeto aplicado em uma situação real de ensino, em uma escola pública, procuramos trabalhar com os materiais que estavam disponíveis a todos os professores.

A escola não conta com recursos de projetores e telões instalados nas salas de aula ou uma sala preparada especificamente para esta finalidade. Apenas há dois kits móveis de projetor/telão, disputados entre os professores, que são instalados no momento da utilização. Os notebooks da escola, via de regra, apresentam problemas, sendo necessário então que cada professor utilize seu próprio equipamento. Conosco não foi diferente... Como montar e desmontar os equipamentos demandava um considerável tempo, acordamos que as aulas de Biologia ocorreriam em apenas uma das salas. Novamente, transtornos ocorreram devido ao deslocamento dos alunos pela unidade escolar e remanejamento de turmas.

Inicialmente, enfrentamos dois grandes obstáculos para a realização da pesquisa: conseguir ministrar as aulas de Biologia previstas para a semana e elaborar as UEPS em um curto tempo.

O primeiro obstáculo pode ser contornado através de acordos por nós estabelecidos com a equipe gestora e com a funcionária responsável pela elaboração diária da sequência de aulas dos alunos. Muito embora houvesse trocas nos horários decorrentes principalmente pela ausência de professores, conseguimos ministrar as duas aulas oficialmente previstas para cada turma durante todo o período de aplicação do projeto.

Com relação ao processo de construção das UEPS, inicialmente tivemos que analisar todas as respostas aos dois questionários. Para tanto, realizamos a leitura flutuante de cada questão, conforme orienta Bardin (2011), fazendo com que as impressões iniciais e categorias emergissem. Esta leitura evidenciou as lacunas de aprendizagem sobre o tema e os diversos erros conceituais. A partir destas constatações, delimitamos o escopo de conteúdos que iríamos abordar e sua sequência de apresentação nas três UEPS.

Outro obstáculo enfrentado para a implantação das UEPS consistiu na resistência, por parte de alguns, em vivenciar mudanças na rotina da sala de aula. Embora a maioria dos estudantes tenha demonstrado entusiasmo em experimentar práticas não rotineiras, com a possibilidade de visualizar conteúdos até então trabalhados somente através de aulas expositivas - e contando com a capacidade de abstração individual -, constatamos que uma pequena parcela se mostrou incomodada com tais mudança e, principalmente, estes alunos apresentaram dificuldades em verbalizar e expressar suas opiniões e conceitos. Atribuímos estas dificuldades à falta de experiências anteriores com metodologias diversificadas e à insegurança/timidez em posicionar-se diante dos colegas.

Por fim, infelizmente, nos deparamos com a baixa frequência de uma parcela dos alunos matriculados. Esta característica, um esvaziamento sistêmico do ambiente escolar, fez com o número de sujeitos participantes da pesquisa fosse reduzido, uma vez que apenas os dados dos alunos que participaram de pelo menos 75% das aulas envolvidas nesta pesquisa e responderam às três aplicações dos questionários foram analisados. Este limite de frequência corresponde à quantidade mínima de aulas que, legalmente, os alunos devem frequentar de acordo com a Lei 9394/96.

4.3.2. Implementação das UEPS

Nas escolas, majoritariamente, as aulas centram-se na figura do professor. Este expõe verbalmente o conteúdo programático, escreve na lousa, realiza alguns exercícios de fixação e cabe ao aluno uma postura, geralmente, pacífica, assistindo/anotando a matéria e colocando em prática o conteúdo apreendido através da realização de exercícios presentes em apostilas e livros didáticos.

Mudanças nesta configuração afetam a rotina e causam estranheza. Nossa proposta de trabalho a partir de UEPS causou, em um primeiro momento, um estranhamento, pois os alunos não haviam vivenciado tais práticas.

Iniciamos o processo com uma roda de conversa na qual expusemos nossos objetivos e a maneira pela qual a rotina da sala de aula seria alterada. Haveria muitos momentos de discussões em grupos, momentos de exposição dialogada, realização de experimentos, montagem de maquetes. Ressaltamos a importância dos alunos expressarem seus sentimentos e anseios, com a finalidade de aperfeiçoarmos o processo de ensino e, conseqüentemente, concretizar a aprendizagem.

A partir da compreensão de nosso contexto de ensino, das particularidades da rotina da unidade escolar, do perfil dos alunos atendidos, dos conhecimentos prévios sobre células por eles apresentados, e dos pressupostos teóricos sobre a Teoria da Aprendizagem Significativa (AUSUBEL, 2003), nos dedicamos à construção das três Unidades de Ensino Potencialmente Significativas cuja descrição detalhada encontra-se no Apêndice A.

Como a primeira aplicação dos questionários revelou que os alunos apresentavam um conhecimento bastante fragmentado e pouco coerente com os conceitos científicos vigentes sobre o tema células, optamos por iniciar o projeto com a construção de uma UEPS dedicada à história do descobrimento destas estruturas, quando foram trabalhados os conteúdos relativos à invenção do microscópio e à descrição das primeiras estruturas celulares visualizadas. Nosso intuito com esta abordagem consistiu em desenvolver uma visão holística e integradora da construção do conhecimento científico, pautando-o como uma construção humana sujeita às influências do contexto de sua produção.

A primeira UEPS também discutiu o conceito de vida, os aspectos

morfológicos que caracterizam os seres vivos, suas interações com o meio ambiente e os princípios da Teoria Celular. Como ressaltado no Capítulo 3, partimos da concepção de ser a célula a unidade básica da vida, ou seja, todos os seres vivos são constituídos por pelo menos uma unidade celular, em acordo com aquilo que é preconizado por diversos pesquisadores da área de Biologia Celular e pela Proposta Curricular do Estado de São Paulo vigente em 2017.

Finda a etapa do descobrimento celular e de sua constituição como unidade básica da vida, iniciamos a aplicação da segunda UEPS, referente à organização estrutural das células, ou seja, o arcabouço organizacional que permite a realização de atividades metabólicas, focando especificamente na caracterização do citoplasma, citoesqueleto e membrana plasmática.

Nesta segunda UEPS, procuramos enfatizar que a célula figura como uma estrutura que necessita realizar trocas de moléculas e íons com o meio ambiente. Para tanto, faz-se necessário o entendimento da estrutura em mosaico fluído apresentada pela membrana plasmática. Para abordar esta temática, rememoramos a história do descobrimento desta estrutura, os principais cientistas envolvidos e o contexto no qual esta descoberta ocorreu. Entendemos que, trazer à tona a história por trás de uma descoberta científica e os rostos dos pesquisadores que trabalharam para que houvesse tais descobertas é o que torna o conceito mais contextualizado, real, potencializando a aprendizagem significativa e não algo meramente abstrato, totalmente descontextualizado e com a tendência a ser memorizado.

Dentre os processos de trocas com o meio ambiente realizados pelas células, destacamos a osmose, processo que envolve o transporte de água. A fim de exemplificar o processo de osmose, realizamos nesta UEPS um experimento denominado *osmose em células vegetais* através do qual demonstramos que é possível retirar água do interior celular alterando apenas a concentração de sais no meio extracelular.

Inicialmente, os alunos receberam um roteiro contendo o passo a passo para a realização deste experimento. A seguir foram orientados a formar grupos com até seis estudantes e reconfigurar o posicionamento das carteiras em sala de aula. Cada representante dos grupos recebeu um sal, batatas cortadas ao meio, pratos e colheres de plásticos. Após prévia explicação dos objetivos em realizar este experimento, procedemos com a leitura do roteiro de experimentação.

Sanadas as dúvidas eles seguiram com a execução da atividade que pode ser conferida nas imagens a seguir:

Imagem 5: Alunos realizando o experimento



Fonte: elaborada pela autora

Imagem 6: Resultados do experimento



Fonte: elaborada pela autora

Por não existir uma estrutura laboratorial na unidade escolar, esta atividade teve que ser realizada na própria sala de aula, reconfigurando o espaço físico de forma bastante improvisada. Entendemos que esta ausência de espaços físicos destinados às práticas laboratoriais, decorrente da precarização da infraestrutura das escolas públicas brasileiras, gera impactos negativos na execução de atividades diversificadas e no processo de aprendizagem dos alunos. Embora houvesse esta limitação, conseguimos vivenciar esta experiência que, apesar de bastante simples, ilustra o processo de osmose em um vegetal.

Após conhecerem a história da descoberta das células e algumas das estruturas que a compõem, iniciamos a terceira UEPS com o objetivo de promover aprendizagem significativa das estruturas intracelulares, designadas de organelas, e caracterizar as células procarióticas e eucarióticas. A partir desta UEPS procuramos retomar conceitos sobre a Teoria Celular, integrando-os com a complexidade das estruturas intracelulares e relacionando estas estruturas com

suas respectivas atividades metabólicas.

O trabalho com UEPS teve como proposta promover a aprendizagem significativa dos conceitos relativos ao tema célula uma vez que estes são fundamentais para compreensão dos fenômenos biológicos que ocorrem nos seres vivos e as relações que estes desenvolvem com meio ambiente.

Muito embora esta temática tenha sido previamente abordada no ensino fundamental, constatamos que os nossos alunos apresentavam um conhecimento fragmentado e descontextualizado, conforme evidenciado pelos dados obtidos na primeira aplicação do questionário, dificultando a compreensão dos conceitos da Teoria Celular de forma significativa. Desta forma, procuramos com a implantação das UEPS reconstruir, de modo significativo, os conceitos referentes às células, uma vez que estes figuram como a base para construção do conhecimento acerca dos seres vivos e de suas relações com o meio.

Após o término das atividades previstas nestas três UEPS reaplicamos os dois questionários a este grupo de alunos. As respostas foram enquadradas nas mesmas categorias estabelecidas na primeira aplicação permitindo, de forma prática clara, uma comparação percentual das respostas fornecidas em cada categoria. Nas próximas seções deste capítulo descrevemos os resultados obtidos.

4.4. Aplicações dos questionários após a vivência das UEPS

A primeira aplicação dos questionários teve por objetivo identificar os conhecimentos prévios que o grupo possuía a respeito do tema Célula. Com a segunda aplicação, realizada em uma aula subsequente à finalização das UEPS, buscou-se identificar a aquisição de conhecimentos curriculares referentes ao tema logo após o término das atividades de ensino. Já a terceira aplicação, após o período de férias e recesso escolar do final de ano (cerca de três meses após a segunda), ou seja, quando os alunos já estavam na terceira série do Ensino Médio, teve por objetivo verificar a estabilidade dos conhecimentos adquiridos. No intuito de sintetizar os dados, apresenta-se nesta seção os resultados obtidos nas três aplicações dos questionários.

Palmero (2016) ressalta a necessidade de se investigar os conceitos que os alunos possuem a respeito da célula e seu funcionamento, sendo este um

requisito indispensável para a compreensão dos seres vivos. Tendo em vista essa perspectiva, como já exposto, investigou-se quais conhecimentos prévios os alunos possuíam e todos demonstraram estar familiarizados com o assunto, resultado esperado para estudantes da segunda série do ensino médio.

O retorno à questão *Você já ouviu falar sobre as “células”?* Em caso afirmativo, onde você ouviu falar? em sua segunda e terceira aplicações apontou os resultados ilustrados na Tabela 9:

Tabela 9: Categorização das respostas dos alunos referentes à questão *Você já ouviu falar sobre as “células”?* Em caso afirmativo, onde você ouviu falar?

Categoria	Escola	Casa	Ambiente médico	Vídeos	Impressos (livros, revistas e jornais)	Internet
Primeira aplicação	93,50%	12,90%	6,50%	22,60%	6,50%	9,70%
Segunda Aplicação	96,60%	9,70%	1,60%	17,70%	22,60%	4,80%
Terceira aplicação	96,80%	3,20%	1,60%	35,50%	21%	17,70%

Fonte: elaborada pela autora

Muito embora os alunos pudessem citar diversas fontes, nota-se que a educação formal (referenciada na categoria “Escola”) figura como principal contato com temas relacionados à Teoria Celular. Os dados das três aplicações revelaram uma diversificação de fontes citadas, com um expressivo aumento das categorias *Vídeos*, *Impressos* e *Internet*. Atribuímos esses dados à utilização dos livros didáticos, material apostilado próprio fornecido pelo governo do estado de São Paulo e de vídeos provenientes do *YouTube* durante a realização das UEPS. Quanto ao decréscimo de respostas enquadradas nas categorias *Casa* e *Ambiente médico*, não encontramos explicações plausíveis que justifiquem este resultado.

Estes dados revelam que o grupo de alunos vivenciou situações de ensino nas quais esta temática havia sido trabalhada. Contudo, houve aprendizagem significativa? Os alunos compreenderam ser a célula a unidade morfofisiológica dos seres vivos? Conseguiram associar a célula como sendo a unidade básica da vida? No intuito de investigar esses questionamentos solicitamos

aos estudantes que desenhasssem a menor parte estrutural do corpo humano, através da reaplicação do Questionário 1.

Ao analisarmos as respostas obtidas no decorrer das três aplicações, constatamos uma significativa mudança na categorização das respostas obtidas. Inicialmente, os alunos apresentavam dificuldades para explicitar a célula como uma estrutura basilar para formação corpórea humana, atribuindo a partes macroscópicas esta característica, o que sugeriu não ter havido aprendizagem significativa em situações de ensino vivenciadas anteriormente.

Após a implantação das UEPS, o perfil de respostas indica que, para a maioria dos discentes, foi possível correlacionar as células com unidades estruturantes do corpo. A categorização dos desenhos pode ser observada na Tabela10:

Tabela 10: Distribuição das respostas obtidas no Questionário 1

Concepção	Categoria	Subcategoria	Primeira aplicação	Segunda aplicação	Terceira aplicação
Não científica	Características macroscópicas do corpo humano	Não há	31 (50%)	3 (5%)	4 (6%)
Híbrida	Partes macroscópicas do corpo humano acrescida dos elementos células e/ou bactérias	Corpo + bactérias	14 (23%)	3 (5%)	5 (8%)
		Corpo + células	1 (2%)	0%	0%
		Corpo + células + bactérias	4 (6%)	1 (2%)	0%
Científica	Somente desenhos contendo célula (s)	Células arredondadas sem designação ou evidência de estruturas	2 (3%)	3 (5%)	4 (6%)
		Células arredondadas com a evidência do núcleo (semelhante a um "ovo")	1 (2%)	4 (6%)	5 (8%)
		Células com denominação de estruturas e presença do núcleo	9 (15%)	48 (77%)	44 (71%)

Fonte: elaborada pela autora

Cunha (2011) também constatou uma significativa mudança no padrão de respostas dos alunos após vivências de situações de ensino pautadas na TAS, uma vez que os alunos explicitaram conhecimentos próximos dos conceitos aceitos pela comunidade científica no pós-teste.

A principal mudança ocorrida com o grupo analisado consistiu na migração do padrão de respostas, indo da concepção de estruturas macroscópicas para a concepção de célula e suas estruturas como sendo unidades básicas da vida. Este conhecimento internalizado possui significativa estabilidade para a maioria dos alunos, pois, mesmo transcorridos vários meses após o início das UEPS, observa-se que mais de 70% do grupo amostral logra êxito em desenhar células, estando, destaforma, em acordo com o conhecimento científico vigente.

Por não se tratar de uma temática rotineiramente abordada em contextos extra-escolares, a capacidade de lembrar detalhes das estruturas celulares e de sua configuração indica que o conceito está ancorado e estabilizado na estrutura cognitiva, podendo ser acessado e utilizado quando a situação assim o exigir. Contudo, para cerca de 30% dos participantes da pesquisa a conexão entre os conceitos abordados em sala de aula e os subsunçores não ocorreu, resultando em uma aprendizagem memorizada e passível de esquecimento.

Esta constatação é relevante pois indica que, para a maioria dos estudantes, foi possível criar/conectar subsunçores e conceitos, resultando na compreensão da célula como a unidade morfofisiológica dos seres vivos, conceito essencial para a compreensão da Teoria Celular. Desta forma, quando há aprendizagem significativa, existe uma maior potencialidade do entendimento da maioria dos demais conceitos estudados pela disciplina de Biologia, tais como a evolução biológica das espécies.

A correlação entre presença de célula e vida, verificada através das perguntas *Para você, os seres vivos possuem células? Você acredita que haja relação entre a presença de células e a vida? Justifique sua resposta* foi, novamente, analisada. As respostas podem ser verificadas na Tabela 11.

Tabela 11: Categorização das respostas dos alunos referentes à questão: *Para você, os seres vivos possuem células? Você acredita que haja relação entre a presença de células e a vida? Justifique sua resposta*

Categoria	Subcategoria	1ª Aplicação	2ª Aplicação	3ª Aplicação
Acredita que haja relação entre a presença de células e a vida	Não justifica a resposta	16%	16%	8%
	Afirma que na ausência de células a vida não existiria.	56%	65%	74%
	Correlaciona com a formação de tecidos e/ou órgão	18%	32%	24%
	Correlaciona ao “funcionamento do organismo”	11%	15%	10%
	Correlaciona com mecanismos de proteção ao corpo	6%	10%	8%
Não acredita que as células estejam presentes em todos os seres vivos.	-----	3%	0%	2%
Não respondeu.	-----	3%	2%	8%

Fonte: elaborada pela autora

Inicialmente, 56% afirmaram haver uma relação entre a presença de célula e a vida, no entanto, esse valor sobe para 74% na terceira aplicação, indicando que 3/4 dos alunos compreenderam ser a célula uma estrutura vital para a formação da vida. Adicionalmente, pode-se notar que há um incremento de resposta enquadradas nas demais subcategorias, indicando que houve uma agregação de conhecimentos.

Podemos exemplificar esse processo de mudança através das respostas do estudante A53:

1ª Aplicação: “Não acho que todos os seres vivos possuam células. Sim, as células tem funções muito importantes”

2ª Aplicação: “Sim, sem célula provavelmente não haveria vida pois basicamente todos os seres vivos possuem células”

3ª Aplicação: “Sim, todos os seres vivos possuem células, sem elas não haveria

vida, já que somos formados por elas.”

Contudo, verificamos também que o processo apresentou limitações e não foi permeável a todos os estudantes, como ocorreu com o aluno A54 que apresentou as seguintes respostas a esta questão:

1ª Aplicação: “Acho que sim, e isso aí”

2ª Aplicação: “Sim, acho que sim”

3ª Aplicação: “não sei.”

Evidencia-se nas respostas desse aluno um caráter de aleatoriedade, respondendo de forma evasiva e sem explicações. Esta não permeabilidade pode decorrer de inúmeros fatores tais como a não prontidão cognitiva para a compreensão deste tema, incompatibilidade das atividades vivenciadas nas UEPS com as necessidades específicas deste aluno, problemas de cunho particular que interferem na aprendizagem escolar, não interesse pela temática e etc., sendo necessária uma investigação aprofundada e específica com cada estudante, que fugia ao escopo dessa investigação.

Outra característica apresentada por esse grupo de alunos foi um relativo antropocentrismo ao fazerem referência ao corpo humano, uma busca constante em sempre responder às questões de forma a correlacionar o que se pede com estruturas/funções humanas, resultados estes também verificados por Cunha (2011) ao analisar estudantes da 1ª série do ensino médio.

Podemos verificar esse fato nas respostas fornecidas pela estudante A29:

1ª Aplicação: “Sim. Sim porque porque dependemos delas para funcionar o nosso corpo”

2ª Aplicação: “Sim. Sim por ela ter a função de formar o nosso corpo.”

3ª Aplicação: “Sim. Sim porque as funções das células são manter o nosso corpo em funcionamento.”

Muito embora essa situação não seja verificada na maioria dos alunos que participaram da pesquisa, não podemos desconsiderar este dado uma

vez que há recorrências no processo de ensino. Uma possível explicação para esse constante retorno ao corpo humano reside no fato de que em muitas situações de ensino, bem como nos livros didáticos, faz-se a correlação de estruturas celulares estudadas com as estruturas do corpo humano, principalmente nas abordagens referentes aos sistemas biológicos. Siqueira (2009) argumenta que dificuldade dos estudantes em compreender a constituição orgânica tanto micro quanto macroscópica dos organismos, a fragmentação entre Morfologia e Fisiologia Celular no ato de ensinar, a visão antropocêntrica sobre os seres vivos, e a classificação da biodiversidade constituem obstáculos para a efetiva aprendizagem dos estudantes.

Apesar das respostas da estudante A29 não serem consideradas “erradas”, elas apresentam uma limitação, pois ela não está sendo capaz de expandir o conceito para as demais formas de vida e/ou abstrair para além das características humanas. Isso figura como um empecilho ao ensino, pois o conhecimento específico da Teoria Celular tem caráter proeminentemente abstrato.

França (2015) indica alguns obstáculos para a compreensão do conceito de célula, tais como “A natureza microscópica da célula; as figuras de células no livro didático, estanques como se todas as células fossem iguais; e a dificuldade com o vocabulário técnico” (p. 71-72). Vigarrio e Cicillini (2019) ressaltam que

Fica evidente a necessidade de, para além da aula expositiva e do apoio em livros didáticos, um aporte de outros recursos pedagógicos, a exemplo de imagens tridimensionais e atividades práticas de visualização de componentes biológicos com instrumentos específicos, como microscópios, que contribuam com o processo de ensino e aprendizagem de forma dinâmica e participativa. (VIGARIO, CICILLINI, 2019, p.65)

Entendemos que uma das possibilidades de contextualizar o ensino e promover a aquisição significativa dos conceitos abordados em sala de aula consiste em relacionar o conteúdo estudado com elementos que façam parte da vivência cotidiana, realizando, por exemplo, comparações entre as funções de organelas celulares com o funcionamento de uma cidade. O intuito desta prática de comparação consiste em fornecer subsídios que possam ajudar o educando a compreender os conceitos científicos propostos. Durante a realização das UEPS procuramos exemplificar desta forma alguns conceitos com o intuito de promover a aprendizagem significativa. Em complementaridade, o material didático produzido

pelo programa São Paulo Faz Escola traz esta comparação, recurso este utilizado durante as UEPS.

Dentre os conceitos que emergem da Teoria Celular está a caracterização dos seres vivos como entidades possuidoras de células com atividade metabólica. Com o objetivo de investigar quais organismos os alunos consideram como possuidores de células e, desta forma, possuidores de vida, retornamos às questões:

- **Questão 02:** Quais organismos ou objetos você acredita que possuam células? Cite **CINCO** exemplos.
- **Questão 03:** Quais organismos ou objetos você acredita que **NÃO** possuam células? Cite **CINCO** exemplos.
- **Questão 04:** Abaixo, encontra-se uma lista contendo exemplos de seres vivos e de objetos. Circule aqueles nomes que você considera **possuam células**.

<i>Feijão</i>	<i>Cachorro</i>	<i>Tomate</i>	<i>Árvore</i>
<i>Bactérias</i>	<i>Fungos</i>	<i>Vírus</i>	<i>Ameba</i>
<i>Onça</i>	<i>Gato</i>	<i>Raízes de plantas</i>	<i>Pote de plástico</i>
<i>Régua de plástico</i>	<i>Vidro</i>	<i>Geladeira</i>	<i>Piolho</i>
<i>Seres humanos</i>	<i>Alface</i>	<i>Lentilha</i>	<i>Dinheiro</i>

As respostas a este questionamento foram sintetizadas na Tabela 12:

Tabela 12: Categorização das respostas referentes ao que consideram como portadores de células

Categoria	1ª Aplicação	2ª Aplicação	3ª Aplicação
Animais	94%	100%	97%
Vegetais	48%	77%	74%
Microrganismos	52%	56%	68%
Objetos	8%	5%	6%
Vírus	13%	8%	8%
Não respondeu	2%	2%	0%

Fonte: elaborada pela autora

Os dados da primeira aplicação revelam que, majoritariamente, os alunos consideraram os animais como possuidores de células, mas apenas metade deste grupo atribui essa característica aos vegetais e aos micro-organismos. Após a UEPS, há um incremento neste padrão de respostas, indicando que a maioria conseguiu relacionar corretamente que estes grupos de seres vivos são portadores de células.

Com relação aos vírus, verificamos a insistência de parte dos alunos em classificá-los como portadores de células, em desacordo com o conhecimento científico aceito pela maioria dos pesquisadores da área e por nós adotado nesta investigação, uma vez que se trata de partículas biológicas acelulares, ou seja, não são considerados seres vivos pela Teoria Celular. Para estes alunos, o estudo das características virais, com enfoque em sua composição acelular, não foi efetivo. Como ressaltaram Mortimer, Scott e El-Hani (2009), a formação de conceitos pelos indivíduos é conduzida pela interação social entre esses sujeitos e alguma experiência externa e, neste caso, a associação dos vírus com patologias que podem vir a acometer as pessoas. Durante o desenvolvimento da proposta, em conversas com os estudantes, muitos relataram não acreditar ser possível um agente não biológico ser capaz de vitimar seres humanos.

Muito embora tenhamos vivenciado atividades nas UEPS para descrição e comparação de características virais e celulares, não conseguimos realizar a conexão necessária entre os conceitos científicos e os subsunçores. Esta foi uma limitação desta pesquisa.

Após a aplicação da UEPS, nota-se que grande parte dos alunos classificam corretamente animais, vegetais e microrganismos como seres portadores de células. Esta é uma característica importante pois o ensino da Teoria Celular está alicerçado no conceito da vida, de forma que classificar corretamente seres como vivos é a base para o processo de aprendizagem.

Com relação às funções celulares, objeto da questão *Quais são as funções de uma célula? Em outras palavras, para que serve uma célula?*, os resultados da aplicação dos questionários encontram-se na Tabela 13.

Tabela 13: Categorização das respostas dos alunos referentes à questão: *Quais são as funções de uma célula? Em outras palavras, para que serve uma célula*

Categoria	1ª Aplicação	2ª Aplicação	3ª Aplicação
Auxilia na produção de tecidos e/ou órgãos	21%	24%	27%
Auxilia no “funcionamento” e/ou formação do organismo	48%	79%	74%
Formação dos seres vivos e/ou da vida	16%	44%	53%
Armazenamento do DNA e produção de energia	2%	11%	6%
Proteção do corpo	32%	24%	32%
Não respondeu	6%	2%	3%

Fonte: elaborada pela autora

Conforme constatado na nona questão, o grupo apresenta a percepção de serem as células responsáveis pela constituição da vida. Na primeira aplicação, cerca de 50% explicitam serem as células responsáveis pela organização e manutenção das atividades metabólicas dos seres vivos. Após as vivências nas UEPS, cerca de 3/4 dos alunos demonstraram conhecer essa correlação.

Novamente, verificamos inferências ao antropocentrismo, figurando um constante movimento de caracterizar as funções celulares como funções humanas. Podemos verificar esse processo nas respostas do estudante A29 a esta questão:

1ª Aplicação: “cada célula uma função. funcionar o nosso corpo”

2ª Aplicação: “manter nosso corpo instavel, funcionar nosso corpo”

3ª Aplicação: “para nos manter vivos.”

Esse mesmo processo ocorre com o estudante A37:

1ª Aplicação: “as funções de uma célula é agir em nosso corpo. para nois se desenvolver em movimentos e pensamentos.”

2ª Aplicação: “a célula em nosso corpo ela é muito importante porque sem ela o corpo não se desenvolve”

3ª Aplicação: “A célula faz parte do nosso corpo para se desenvolver”

Em outros alunos, pode-se notar um movimento de saída parcial do antropocentrismo e expansão do conceito aos demais seres vivos, como ocorreu com a estudante A45:

1ª Aplicação: “As células serve para proteger o corpo humano.”

2ª Aplicação: “Todos os seres vivos são formados por células algumas como amebas são formadas com uma unica célula (organização unicelular). Possuimos cerca de 60 bilhões de células”

3ª Aplicação: “Faz um bom funcionamento do organismo, ajudando a defender e combater algumas doenças”

Além da compreensão e correlação da presença de células com a formação dos seres vivos, procuramos investigar quais conhecimentos relativos à composição estrutural de uma célula os alunos apresentavam retornando à questão: “*Uma casa, basicamente, é formada por tijolos, cimento, telhas, portas e janelas. No caso das células, do que elas são formadas?*” com o objetivo de verificar a compreensão da natureza da organização intracelular. Os resultados podem ser apreciados na Tabela 14.

Tabela 14: Categorização das respostas dos alunos referentes à questão *Uma casa, basicamente, é formada por tijolos, cimento, telhas, portas e janelas. No caso das células, do que elas são formadas?*

Categorias	1ª Aplicação	2ª Aplicação	3ª Aplicação
Não respondeu	42%	10%	23%
Sangue	8%	3%	3%
Ossos	11%	3%	2%
Núcleo	34%	66%	50%
DNA	3%	21%	13%
Membrana Plasmática	32%	66%	48%
Citoplasma	3%	42%	32%
Citoesqueleto	0%	24%	18%
Organelas	2%	71%	63%

Fonte: elaborada pela autora

Inicialmente, apenas um terço dos alunos recordam-se da existência de estruturas como núcleo e membrana plasmática sugerindo que, em séries anteriores, conteúdos relativos às estruturas celulares não foram aprendidos de forma significativa por uma parcela dos estudantes. Ao investigar os conceitos prévios de um grupo de alunos entre 13 e 14 anos, Senabre e Giménez (1993) concluíram que 64% do grupo analisado não se recordava da existência de organelas e/ou suas funções, resultado este também observado em nossa primeira aplicação do questionário. Reinoso (2014) relatou a existência de obstáculos para aquisição do conceito de célula, sendo frequente o desconhecimento da existência e das funções das organelas celulares. Para esta autora, inicialmente, os alunos representaram a célula como uma estrutura similar a um ovo, apresentando dificuldades em reconhecer/ mencionar a existência de organelas e desconhecerem os postulados da teoria celular.

Apesar dos resultados iniciais apresentarem semelhanças com os de diferentes pesquisadores, constatamos que após vivenciarem as UEPS uma parcela considerável dos alunos foi capaz de recordar que a célula apresenta uma organização interna complexa, formada por estruturas que desempenham funções específicas, e foram capazes de citá-las nominalmente. Contudo, mesmo após a vivência nas UEPS, alguns estudantes continuaram a citar componentes que não constituem a organização celular, tais como “ossos” e “sangue”, caracterizando uma resistência ao processo de ensino aprendizagem e uma limitação da metodologia empregada.

Com o intuito de investigar se a ideia de pluralidade de formas e funções celulares estava presente na estrutura cognitiva deste grupo de alunos, a oitava questão do questionário inicial foi reapresentada: *“Para você, as células são todas iguais, ou seja, apresentam sempre a mesma forma e o mesmo aspecto físico? Justifique sua resposta”*. Com base nas respostas obtidas nas três aplicações, obtivemos os resultados apresentados na Tabela 15.

Tabela 15: Categorização das respostas obtidas na questão *Para você, as células são todas iguais, ou seja, apresentam sempre a mesma forma e o mesmo aspecto físico? Justifique sua resposta*

Categoria	1ª Aplicação	2ª Aplicação	3ª Aplicação
Não possuem a mesma forma física, mas o aluno não justificasua resposta	34%	26%	32%
Não possuem a mesma forma umavez que apresentam formatos diferentes e/ou desempenham funções diferentes no organismo	37%	63%	55%
Formas variáveis de acordo com o tipo de ser vivo	13%	26%	19%
Possuem o mesmo aspecto físico	18%	2%	6%
Não responderam	0%	0%	3%

Fonte: elaborada pela autora

O grupo analisado, inicialmente, mostra que há uma pluralidade no formato celular, mas apresenta dificuldades em expressar justificativas para este fato. Na terceira aplicação notamos uma migração das respostas discordantes do conhecimento científico vigente para as outras categorias que reconhecem que a pluralidade de formas das células está relacionada com as diferentes funções por elas desempenhadas, bem como ao grupo de organismos aos quais pertence.

Quanto a quantidade, em escala, de células necessárias para formar um corpo humano adulto, muito embora fora possível notar uma mudança no perfil de respostas, com incremento das categorias “bilhão” e “trilhão”, as UEPS não se mostraram eficientes para agregar este tipo de conhecimento, sendo necessária uma revisão das atividades propostas e a inserção de novos materiais potencialmente significativos. Infelizmente, ao constatarmos essa dificuldade apenas após a segunda aplicação do questionário (que ocorreu ao término das UEPS), não foi possível repensar e/ou realizar novas atividades com o intuito de mitigar estalacuna da aprendizagem. Os resultados podem ser observados na Tabela 16.

Tabela 16: Categorização das respostas obtidas na questão 5

Escala da quantidade de células	1ª Aplicação	2ª Aplicação	3ª Aplicação
Unidade	5%	0%	0%
Dezena	5%	2%	2%
Centena	2%	2%	0%
Milhar	27%	15%	8%
Milhão	19%	24%	10%
Bilhão	16%	26%	39%
Trilhão	13%	15%	34%
Quatrilhão	5%	5%	5%
Infinitas	2%	5%	2%
Não Respondeu	0%	5%	0%
Resposta Incoerente	6%	3%	2%

Fonte: elaborada pela autora

4.5. Síntese dos resultados obtidos

Com a aplicação dos questionários em três momentos distintos, estabelecemos uma base de comparação das respostas obtidas após os alunos vivenciarem as atividades propostas nas três Unidades de Ensino Potencialmente Significativas.

Com a primeira aplicação do questionário, antes da vivência nas UEPS, emergiram os conhecimentos prévios sobre o tema Célula apresentados por nosso grupo de estudantes. Embora todos os alunos tenham declarado conhecer o tema, e esta temática ser abordada no Ensino Fundamental (de acordo com a proposta curricular do estado de São Paulo, vigente em 2017), concluimos que tais conceitos se apresentam fragmentados e incompletos na estrutura cognitiva dos estudantes. Isso porque, as respostas fornecidas apresentam dificuldades em explicar/compreender a célula como unidade morfofisiológica dos seres vivos estando, desta forma, em desacordo com os conhecimentos científicos atualmente vigentes. Resultados similares também foram obtidos por Palmero (2003) e Cunha (2011).

Os dados provenientes da segunda aplicação do questionário, obtidos logo após os alunos terem vivenciado as atividades das UEPS, indicaram uma expressiva mudança no padrão de respostas apresentadas. Embora não tenhamos

atingido em plenitude a todos os alunos, verificou-se que houve um expressivo aumento na quantidade de respostas que estão de acordo com os conceitos científicos vigentes.

Nesta segunda aplicação, constatamos que a maioria dos estudantes correlacionou a presença de células à constituição dos seres vivos, e que estas apresentam diferentes formas e estruturas de acordo com a função que desempenham. Adicionalmente, detectamos um aumento na designação das estruturas que compõem o arranjo celular, sugerindo que os alunos compreenderam ser a célula uma estrutura vital e complexa, formada por componentes internos que desempenham funções específicas.

Ao compararmos os dados obtidos nas duas primeiras aplicações dos questionários constatamos um significativo incremento de respostas em acordo com o conhecimento científico, o que nos faz inferir que a vivência nas UEPS teve um impacto significativo na aquisição de conceitos.

Contudo, ao analisarmos os dados obtidos com a terceira aplicação dos questionários, constatamos um retrocesso no padrão de respostas de alguns indivíduos, aproximando-os das respostas fornecidas na primeira aplicação. Este fenômeno pode ser explicado em decorrência do processo de obliteração de parte do conhecimento adquirido. De acordo com Ausubel (2003), no processo de aprendizagem significativa existe o fator esquecimento e este depende da relação firmada entre os novos conhecimentos e as ideias relevantes da estrutura cognitiva. Isto porque, reiteramos, para este autor a aprendizagem deve sempre ser seguida de uma retenção e/ou esquecimento.

Sob o viés da TAS, segundo Ausubel (2003), novos conhecimentos ligam-se a ideias âncoras, previamente presentes na estrutura cognitiva do indivíduo. Contudo, esta ligação pode vir a apresentar um decréscimo gradual, culminando no esquecimento parcial daquilo que havia sido aprendido significativamente. Esse processo de esquecimento parcial (obliteração) é natural e orgânico, devendo ser considerado durante o processo de aprendizagem significativa. Após a fase de obliteração, o remanescente na estrutura cognitiva do aprendiz é o subsunçor modificado, que apresenta maior estabilidade. Muito embora o processo de obliteração tenha sido verificado no grupo de estudantes, constatou-se que a proposta de uma UEPS fomentou um ensino potencialmente

significativo no qual a essência dos conceitos científicos trabalhados apresentou boa estabilidade na estrutura cognitiva dos alunos.

Capítulo 5

CONCLUSÕES

Uma das principais premissas do presente estudo é que os conceitos referentes à Teoria Celular são essenciais para a compreensão da organização biológica da vida e das relações estabelecidas pelos seres vivos. Sendo a célula o conceito central desta teoria, entendemos que situações de ensino que propiciem ao aluno compreender os fundamentos da Teoria Celular podem contribuir para uma visão holística e integradora dos saberes trabalhados pela disciplina curricular Biologia.

Na realização desta tese assumimos o desafio de investigar os limites e contribuições da utilização de Unidades de Ensino Potencialmente Significativas na promoção da aprendizagem do tema célula. O caminho percorrido para atingirmos esse objetivo perpassa inúmeros obstáculos, desde a falta de infraestrutura adequada para realização de uma investigação acadêmica em ambiente escolar até a ruptura com a logística habitual da sala de aula e do ensino tradicional. Para enfrentarmos estes obstáculos, realizamos reestruturações nas aulas de Biologia; nos espaços ocupados pelos alunos; na dinâmica da abordagem dos conteúdos; e na realização de atividades. Isso requereu a criação de propostas de ensino visando priorizar não mais o núcleo do conteúdo, mas sim os conhecimentos prévios trazidos por aquele grupo de estudantes que vivenciaram todas as mudanças implementadas, oportunizando aos alunos espaços de fala para que pudessem aprender de uma forma distinta daquela com a qual estavam habituados.

A expectativa era que, a partir da implantação das UEPS construídas com base nos conhecimentos prévios, novos conhecimentos fossem alicerçados de forma não arbitrária e não literal em suas estruturas cognitivas e, respeitando o caráter processual da aprendizagem significativa, tais conhecimentos permanecessem como subsunçores necessários para a continuidade dos estudos.

A escolha do tema, Célula, decorre de sua importância como elemento estruturante da vida biológica, indo muito além da fundamentação dos conceitos trabalhados na disciplina escolar Biologia, pois impacta diretamente no entendimento das relações entre os seres vivos e da própria constituição humana.

Adicionalmente, não existe fenômeno biológico que não possa ser vinculado às células de forma que compreender a lógica explicativa do funcionamento desta estrutura abre novos horizontes para a compreensão dos fenômenos biológicos que regem a dinâmica da vida neste planeta. Nesta perspectiva, o entendimento dos conceitos referentes à célula torna-se vital para a compreensão dos seres vivos e suas interações bióticas e abióticas.

Em síntese, acreditamos que para o entendimento de conteúdos trabalhados pela disciplina Biologia - e suas implicações no mundo, além dos muros escolares - é imprescindível a construção significativa do conceito de Célula. Para tanto, é papel do professor auxiliar os alunos no entendimento da linguagem científica empregada, bem como mediar a construção de conceitos.

Partindo desse pressuposto, buscamos um referencial teórico que viesse ao encontro de nossos anseios e objetivos. Dentre os considerados, a Teoria da Aprendizagem Significativa, proposta por David Ausubel (2003), emerge como subsídio de nossa prática, coadunando com nossos anseios e oferecendo explicações lógicas a respeito de como ocorre o processo de aprendizagem humana. Nesta perspectiva, partimos do entendimento que a aprendizagem ocorre de forma pessoal, idiossincrática, através de um processo intencional, não dogmático ou linear, e que demanda a gnose da existência de subsunções adequados na estrutura cognitiva do educando para que o novo conhecimento possa ser alicerçado.

A partir desta fundamentação, surge a necessidade da criação de situações de ensino que promovam a negociação de significados tendo por base os conhecimentos prévios apresentados pelos estudantes. Nesta lógica, emergem as Unidades de Ensino Potencialmente Significativas com o intuito de promoção da aprendizagem significativa, como preconiza a TAS. Para a construção de tais UEPS, faz-se necessário o levantamento dos conhecimentos prévios dos alunos.

O conhecimento prévio dos alunos sobre células é o substrato para a construção significativa dos conceitos científicos. Muito embora tais conhecimentos, em algumas situações, possam atuar como obstáculos para a aprendizagem, entendemos que sua elucidação remodela a maneira pela qual o núcleo duro do conteúdo possa ser trabalhado, atendendo às demandas específicas dos aprendizes

envolvidos, e procurando criar situações de ensino com a potencialidade de promoção da aprendizagem significativa.

Portanto, os conhecimentos prévios figuram como estruturas nas quais serão construídos/reconstruídos os conceitos científicos, sendo necessárias, além de sua elucidação, remodelações destes conhecimentos a fim de torná-los subsunçores adequados. Em nossa pesquisa, aplicamos questionários antes da vivência nas UEPS como fonte de dados sobre os conhecimentos prévios, e estes nortearam o conjunto de intervenções propostas para atender ao nosso público-alvo. A cada intervenção realizada em sala de aula procuramos refletir sobre a existência/ocorrência da aprendizagem, sobre a adequação dos métodos empregados e sobre o engajamento dos alunos em aprender. Para isso, fez-se necessário estabelecer um diálogo franco, honesto, entre discentes e docente, culminando com a reestruturação de algumas práticas ao longo do processo. Desta forma, o emprego de UEPS tornou o ensino dinâmico, orgânico, específico para cada situação, demandando um longo tempo para sua construção e implantação.

Esta alta demanda para a construção de uma UEPS apresenta limitações quanto ao seu uso em situações cotidianas nas escolas, pois, via de regra, os professores não dispõem de tempo e/ou infraestrutura para a sua concretização. Atribulados em meio a jornadas que se estendem por até 64 horas/aulas semanais, dezenas de turmas e centenas de alunos, como encontrar tempo e meios para pensar em novas propostas? Como encontrar meios para enfrentar os obstáculos estruturais visando a promoção desta prática de ensino? Infelizmente, no atual cenário educacional, é cada vez mais difícil promover tais práticas, sendo necessária a reformulação da carreira docente e dos tempos pedagógicos para que mudanças significativas tenham espaço para ocorrerem.

Apesar de termos enfrentado diversos obstáculos, conforme descrevemos no Capítulo 4, a utilização de UEPS mostrou-se bastante eficaz para o ensino e a aprendizagem do tema Célula.

O levantamento dos conhecimentos prévios sobre este tema figurou como o ponto de partida, alicerçando todas as intervenções realizadas. O conhecimento apresentado pelo grupo apresentava-se fragmentado, limitado, pouco coerente e carregado de conceitos em desacordo com aqueles aceitos

pela comunidade científica, indicando que a aprendizagem em anos anteriores do ensino fundamental ocorreu de forma mecânica.

.A partir destes conhecimentos, elaboramos e implementamos as UEPS. Sabemos que, isoladamente, elas não garantem a aprendizagem dos indivíduos. Esta aprendizagem é dependente de múltiplos fatores, dentre eles a motivação interna do aprendiz em aprender e a prontidão cognitiva. Portanto, nenhum material, metodologia ou recurso humano é capaz de atingir em plenitude a todos as pessoas.

Muito embora tenhamos detectado a presença de indivíduos que não atingiram o patamar que desejávamos, ou seja, que tenham adquirido de forma significativa os conceitos trabalhados, consideramos que os resultados encontrados foram positivos, uma vez que a maioria dos envolvidos foi capaz de expressar, textualmente, respostas que estão em acordo com o conhecimento científico vigente, mesmo após transcorridos três meses das vivências nas UEPS. Assim, os conceitos foram alicerçados de forma significativa na estrutura cognitiva, refletindo estabilidade e permanência.

Para este público-alvo trabalhado, nas condições de implantação desta pesquisa, as UEPS mostraram-se eficazes. Cabe ressaltar, porém, que o êxito é diretamente dependente da integração entre o referencial teórico, metodologias empregadas, público-alvo, e a natureza do conhecimento daquilo que se pretende ensinar.

Resgatando a Teoria da Aprendizagem Significativa, temos ciência de que o compartilhamento de significados entre os agentes envolvidos apresenta uma maior propensão de ser efetivo quando há a adoção de materiais potencialmente significativos, prontidão cognitiva, subsunçores adequados e indivíduos dispostos a aprender significativamente. De acordo com nossas análises, concluímos que as UEPS foram importantes no processo de aquisição conceitual e contribuíram de forma significativa para a retenção dos conceitos relativos ao tema Célula. Adicionalmente, acreditamos que nossos resultados possam contribuir para a área de Ensino de Ciências, subsidiando a prática docente, em especial daqueles que integram a rede da educação básica.

Nossa investigação, aplicada em situações reais, evidencia que o contexto da sala de aula impõe desafios. Ainda que tenhamos encontrado

resultados positivos relativos à aprendizagem significativa dos alunos, vale ressaltar que o estudo teve algumas limitações. Devido ao grande número de sujeitos participantes, não era viável analisarmos a evolução da aprendizagem individual. Adicionalmente, devido ao fato de as UEPS serem formuladas a partir dos conhecimentos prévios, elas se tornaram bastante específicas para o atendimento daqueles sujeitos participantes.

Os resultados desta pesquisa confirmam a relação positiva entre a utilização de UEPS e a aprendizagem significativa, figurando esta proposta didática uma ferramenta para mitigar os obstáculos enfrentados na aprendizagem de conceitos científicos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABUD, K. M. A história nossa de cada dia: saber escolar e saber acadêmico na sala de aula. In: MONTEIRO, A.M.; GASPARELLO, A. M.; MAGALHÃES, M.S. **Ensino de História: sujeitos, saberes e práticas**. Rio de Janeiro: Mauad X; Faperj, p. 107-117, 2007.
- AGRA, G. *et al.* Análise do conceito de Aprendizagem Significativa à luz da Teoria de Ausubel. **Revista Brasileira de Enfermagem**, v. 72, p. 248-255, 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/reben/a/GDNMjLJgvzSJKtWd9fdDs3t/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 06 jan 2021.
- ALBERTS, B. *et al.* **Biologia molecular da célula**. Porto Alegre: Artmed, 6 ed, 2017.
- ALMEIDA, A. V.; FALCÃO, J. T. R. As teorias de Lamarck e Darwin nos livros didáticos de biologia no Brasil. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 16, n. 3, p. 649-665, 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ciedu/a/DzHzGT83c3M5NV3sL3QTdyM/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 01 dez 2020.
- ANDRÉ, M. E. D. Estudo de caso: seu potencial na educação. **Cadernos de pesquisa**, n. 49, p. 51-54, 1984. Disponível em: <http://publicacoes.fcc.org.br/index.php/cp/article/view/1427/1425>. Acesso em: 15 mar 2021.
- ARROIO, A. Concepções alternativas como barreiras no aprendizado de ciências. **Revista eletrônica de Ciências**, v. 31, 2006. Disponível em: http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/2010/artigos_teses/fisica/concep_alternat_barreiras-aprend.pdf. Acesso em: 10 abr 2021.
- ARRUDA, S. M.; VILLANI, A. Mudança conceitual no ensino de ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 11, n. 2, p. 88-99, 1994. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/242149286_MUDANCA_CONCEITUAL_NO_ENSINO_DE_Ciencias. Acesso em: 13 dez 2020.
- AUSUBEL, D. P. **Aquisição e Retenção de Conhecimentos: Uma Perspectiva Cognitiva**. Lisboa: Plátano, 2003.
- AUSUBEL, D. P. . **Educational psychology: a cognitive view**. Nova Iorque: Holt, Rinehart and Winston, 752 p., 1968.
- AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. **Psicologia educacional**. Tradução: Eva Nick. Rio de Janeiro, Interamericana, 626 p., 1980.
- AZEVEDO, M. J. C. **Biologia experimental, experimentação na Biologia escolar e o manual do professor de Biologia do Biological Science Curriculum Study**

(BSCS): estudo de relações sócio históricas. 2015. Tese (Doutorado) - Faculdade de Educação, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2015.

AZEVEDO, M. **Seria o movimento de renovação do ensino de ciências no Brasil um caso de Transferência Educacional?** Atas do XI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – XI ENPEC. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2017. Disponível em: <http://www.abrapecnet.org.br/enpec/xi-enpec/anais/resumos/R2575-1.pdf>. Acesso em: 18 set 2019.

AZEVEDO, M.; SELLES, S. **O papel da experimentação didática na reforma do ensino de ciências norte-americano nas décadas de 1950 e 1960.** X Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – X ENPEC, Águas de Lindóia, 2015. Disponível em: <http://www.abrapecnet.org.br/enpec/x-enpec/anais2015/resumos/R1312-1.PDF>. Acesso em: 21 nov 2021.

AZEVEDO, M.; SELLES, S.; LIMA-TAVARES, D. Relações entre os movimentos reformistas educacionais do ensino de ciências nos Estados Unidos e Brasil na década de 1960. **Educação em Foco**, v. 1, n. 1, p. 237-257, 2016. Disponível em: <https://periodicos.ufjf.br/index.php/edufoco/article/view/19665>. Acesso em: 13 abr 2021.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo.** São Paulo, Edições 70, 1 ed., 280 p., 2011.

BARROS, S. G.; ALONSO, M. M.; LOSADA, M; C. M. Planteamiento didáctico de la teoría celular en las concepciones previas de los alumnos. **Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas**, p. 73-74, 1989. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/39102156_Planteamiento_didactico_de_la_teor%C3%ADa_celular_en_las_concepciones_previas_de_los_alumnos. Acesso em: 06 jun 2021.

BARTHOLOMEU, D.; SISTO, F. F.; MARIN RUEDA, F. J. Dificuldades de aprendizagem na escrita e características emocionais de crianças. **Psicologia em estudo**, v. 11, n. 1, p. 139-146, 2006. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pe/a/XxZdXPnTC8WmQG5mWCcpp58g/?lang=pt&format=pdf>. Acesso em: 07 jun 2021.

BATISTA, R. F. M.; SILVA, C. C. A abordagem histórico-investigativa no ensino de Ciências. **Estudos avançados**, v. 32, n. 94, p. 97-110, 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ea/a/7ZbhwnLJDXrwrN7n98DBcLB/?format=pdf&lang=p>. Acesso em: 06 abr 2021.

BIZZO, N. M. V. *et al.* **Ciências biológicas.** BRASIL. Ministério da Educação. Orientações curriculares nacionais do ensino médio. Brasília, DF: MEC, 2004.

BOMBASSARO, L. C.. **As fronteiras da epistemologia:** como se produz o conhecimento. Petrópolis: Vozes, 2 ed., 1992.

BORGES, R. M. R.; LIMA, V. M. R. Tendências contemporâneas do ensino de Biologia no Brasil. **Revista electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 6, n. 1, p. 165-175, 2007. Disponível em:

http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen6/ART10_Vol6_N1.pdf. Acesso em: 22 mar 2021

BORGES, G.; REZENDE, F. Vozes epistemológicas e pedagógicas nos parâmetros curriculares nacionais de Biologia. **Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v. 3, n. 2, p. 1-16, 2010. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/alexandria/article/view/38095/29070>. Acesso em: 07 dez 2021.

BOSSA, N. A. **Dificuldades de aprendizagem**: O que são? Como tratá-las? Artmed Editora, 2009.

BRANDÃO, C. **O que é Educação?** São Paulo: Editora Brasiliense, 1981.

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular**. Ministério da Educação. Brasília, 2015. Disponível em:

<http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/relatorios-analiticos/BNCC-APRESENTACAO.pdf>. Acesso em: 10 dez 2020.

BRASIL. **Lei Nº 9.394 de 20 de Dezembro de 1996**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9394.htm .Acesso em 30 dez 2021.

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular**. Ministério da Educação. Brasília, 2018. Disponível em:

http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_sit e.pdf. Acesso em: 30 dez 2021.

BRASIL. **Parâmetros Curriculares Nacionais**: Ciências Naturais. Secretaria de Educação Fundamental. Brasília, 1998a. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/introducao.pdf> . Acesso em: 30 dez 2021.

BRASIL. **Parâmetros curriculares nacionais**: Ciências Naturais. Secretaria de Educação Fundamental. Brasília, 1998b. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencias.pdf>. Acesso em: 30 dez 2021.

BRASIL. **Parâmetros curriculares nacionais**: ensino médio. Brasília, 1999. 394p. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/blegais.pdf> . Acesso em: 30 dez 2021.

BRASIL. **PCNs+ Ensino Médio**: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. Brasília, 144 p., 2002. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>. Acesso em: 30 dez 2021.

BRASIL. **Resolução n. 3, de 26 de junho de 1998**. Institui as Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio. Conselho Nacional de Educação (CNE). Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, Distrito Federal, 1998c.

Disponível em: http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/rceb03_98.pdf . Acesso em: 30 dez 2021.

BRITO, F. O deslocamento da população brasileira para as metrópoles. **Estudos avançados**, v. 20, n. 57, p. 221-236, 2006. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ea/a/ybD6Zn3KWKf3kffYcmSPRMh/?format=pdf&lang=en>. Acesso em: 21 set 2021.

BRITO, R. B.; GEBARA, M. J. F. **As concepções alternativas nos exames de larga escala**: uma análise das questões de biologia da prova de ciências da natureza do ENEM. In: VII Encuentro Internacional sobre Aprendizaje Significativo - V Encuentro Iberoamericano sobre Investigación en Enseñanza de las Ciencias, 2015, Burgos. Actas do VII Encuentro Internacional sobre Aprendizaje Significativo; V Encuentro Iberoamericano Sobre Investigación en Enseñanza de las Ciencias. Burgos: Servicio de Publicaciones e Imagem Institucional - Universidade de Burgos, 2015. v. Único. p. 411-423.

BRUNER, J. S. The act of discovery. **Harvard Educational Review**, v. 31, p. 21–32, 1961.

BUENO, G. M. G. B.; FARIAS, S. A.; FERREIRA, L. H. Concepções de ensino de ciências no início do século XX: o olhar do educador alemão Georg Kerschensteiner. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 18, n. 2, p. 435-450, 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ciedu/a/V9fMYtQbZsCL3znZNxFPjWt/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 12 abr 2020.

CAMPOS, C. J. G. Método de análise de conteúdo: ferramenta para a análise de dados qualitativos no campo da saúde. **Revista brasileira de enfermagem**, v. 57, p. 611-614, 2004. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/reben/a/wBbjs9fZBDrM3c3x4bDd3rc/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 05 dez 2019.

CARVALHO, G. S. A Transposição didática e o ensino da biologia. In: CALDEIRA, A. M. A.; ARAUJO, E. S. N. N. (orgs.). **Introdução à didática da Biologia**. São Paulo:Escrituras, 2009.

CASTRO, G. A. M. *et al.* Desafios para o professor de ciências e matemática revelados pelo estudo da BNCC do ensino médio. **Revista Eletrônica de Educação Matemática**, v. 15, n. 2, p. 1-32, 2020. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/revemat/article/view/1981-1322.2020.e73147/438> 36. Acesso em: 05 set 2019.

CERRI, L. F. Os saberes escolares e o conceito de consciência histórica.

Educação e Fronteiras, v. 4, n. 11, p. 110-125, 2014. Disponível em: <https://pedagogiaparaconcurseiros.com.br/wp-content/uploads/2019/12/Os-Saberes-Escolares-e-o-Conceito-de-Consci%C3%Aancia-Hist%C3%B3rica-Cerri.pdf>. Acesso em: 13 mar 2019.

CHEVALLARD, Y. **La transposición didáctica**: del saber sabio al saber enseñado, v. 3, 1991. Disponível em: http://www.terras.edu.ar/biblioteca/11/11DID_Chevallard_Unidad_3.pdf. Acesso em: 14 abr 2019.

CHROBAK, R. Un modelo científico de instrucción, para enseñanza de física, basado en una teoría comprensible del aprendizaje humano y en experiencias de clase. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 2, n. 2, p. 105-121, 2016. Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/632/422>. Acesso em: 06 mai 2021.

COMPIANI, M. Comparações entre a BNCC atual e a versão da consulta ampla, item ciências da natureza. **Ciências em Foco**, v. 11, n. 1, p. 91-106, 2018. Disponível em: <https://econtents.bc.unicamp.br/inpec/index.php/cef/article/view/15027/10086>. Acesso em: 29 ago 2020.

COSTA, S. F. P. Dificuldades de Aprendizagem. **Revista Profissão Docente**, v. 11, n. 23, p. 155-158, 2011. Disponível em: <https://revistas.uniube.br/index.php/rpd/article/view/188/573>. Acesso em: 16 nov 2021.

CRESWELL, J. W. **Investigação Qualitativa e Projeto de Pesquisa**: Escolhendo entre Cinco Abordagens. Penso Editora, 2014.

CUNHA, E. R. Os saberes docentes ou saberes dos professores. **Revista Cocar**, v. 1, n. 2, p. 31-40, 2007. Disponível em: <https://periodicos.uepa.br/index.php/cocar/article/view/130>. Acesso em: 18 dez 2021.

CUNHA, K. M.C.B. **O ensino e a aprendizagem significativa da célula no contexto da disciplina biologia do primeiro ano do ensino médio em uma escola pública do Rio de Janeiro**. 2011. 218f. Dissertação (Mestrado em Ensino em Biociências e Saúde) - Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: https://www.arca.fiocruz.br/bitstream/icict/4061/1/karla_cunha_ioc_mest_2011.pdf. Acesso em: 14 fev 2019.

CUNHA, M. V. John Dewey e o pensamento educacional brasileiro: a centralidade da noção de movimento. **Revista Brasileira de Educação**, n. 17, p. 86-99, 2001. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbedu/a/Qs9zJvMJD6JPfHXzrBNCBgn/?format=pdf&lang=pt>.

Acesso em: 14 mai 2021.

DOLZ-MESTRE, J; GAGNON, R; DECANDIO, F. R. **Produção escrita e dificuldades de aprendizagem**. Mercado de letras, 1 ed., 112 p., 2010.

DURÉ, R. C; ANDRADE, M. J. D.; ABÍLIO, F. J. P. Ensino de biologia e contextualização do conteúdo: quais temas o aluno de ensino médio relaciona com o seu cotidiano. **Experiências em ensino de ciências**, v. 13, n. 1, p. 259-272, 2018.

Disponível em: https://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo_ID471/v13_n1_a2018.pdf. Acesso em: 30 out 2021.

DURKHEIM, É. **A evolução pedagógica**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1995.

EL-HANI, C. N; BIZZO, N. M. V. Formas de construtivismo: mudança conceitual e construtivismo contextual. **Revista Ensaio**, Belo Horizonte, v. 4, p. 40-64, 2002.

Disponível em: <https://www.scielo.br/j/epec/a/cPwqgZsJLJsg9qZLYzYJDQb/?lang=pt&format=pdf>. Acesso em: 10 set 2021.

FRANÇA, J. A. A. **Ensino-aprendizagem do conceito de “célula viva”**: proposta de estratégia para o ensino fundamental. 136f. 2015. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências, Universidade de Brasília, Brasília, 2015. Disponível em: https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/18983/1/2015_JacquelineAlvesAra%C3%BAjoFran%C3%A7a.pdf. Acesso em: 20 mai 2021.

FRANÇA, P. S.; MARTINS, A. A. **Livros didáticos do ensino médio na licenciatura em ciências biológicas**: objetos de estudo para futuros professores. 2020. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 21 p., 2020. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/24147>. Acesso em 21 mai 2021.

FRANCO, J. B. **Mediados caminhos da educação popular ambiental**: prática social como prática pedagógica em educação não-formal. 183f. 2012. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-graduação em Educação Ambiental, Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande do Sul, 2012. Disponível em:

<http://repositorio.furg.br/bitstream/handle/1/8378/FRANCO%2c%20JUSSARA%20BOTELHO.pdf?sequence=1>. Acesso em: 20 mai 2021.

FERREIRA, R. A. **Utilização de animações interativas aliada à teoria da aprendizagem significativa**: um recurso no ensino de biologia celular. 2016. 88f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ensino na Educação Básica, Universidade Federal do Espírito Santo, São Mateus, 2016. Disponível em: https://repositorio.ufes.br/bitstream/10/8368/1/tese_10476_34-%20Rafael%20Antunes%20Ferreira20170307-72503.pdf. Acesso em: 15 fev 2021.

FORTOUL–OLLIVIER, M. B. Los distintos tipos de saberes en las escuelas: su

relevancia en la formación de sujetos. **Revista del Centro de Investigación**. Universidad La Salle, México, v. 13, n. 47, p. 171-196, 2017. Disponível em: <https://repositorio.lasalle.mx/bitstream/handle/lasalle/1303/1067->

Texto%20del%20art

%c3%adculo-9797-1-10-20180301.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 16 mai 2021.

FRANKLIN, B. M.; JOHNSTON, C. C. Lo que enseñan las escuelas: una historia social del currículum en los Estados Unidos desde 1950. **Revista de Currículum y Formación de Profesorado**, v. 10, n. 2, 2006. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/567/56710202.pdf>. Acesso em: 30 nov 2019.

FURIÓ, C.J. Tendencias atuais en la formación del profesorado de ciencias. **Enseñanza de las Ciencias**, Espanha, v.12, n.2, p.188-199, 1994. Disponível em: <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/21357/93312>. Acesso em: 15 fev 2019.

GIORDAN, A; VECCHI, G. **As origens do saber**: das concepções dos aprendentes aos conceitos científicos. Porto Alegre, Artes Médicas, 2 ed., 1996.

GOODSON, I. F. **A construção social do currículo**. Lisboa, Educa, 1997.

GRAVINA, M. H; BUCHWEITZ, B. Mudanças nas concepções alternativas de estudantes relacionadas com eletricidade. **Revista brasileira de ensino de física**. São Paulo, v. 16, n. 1/4, p. 110-119, 1994. Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/vol16a11.pdf>. Acesso em: 21 mai 2019.

GROBMAN, A. B. *et al.* **BSCS biology**: implementation in the schools. Colorado, v. 3, 1964. Disponível em: <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED011506.pdf>. Acesso em 14 fev 2019.

HAHNER, J. E. Escolas mistas, escolas normais: a coeducação e a feminização do magistério no século XIX. **Revista Estudos Feministas**, Florianópolis, v. 19, n. 2, p. 467-474, 2011. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/ref/article/view/S0104-026X2011000200010/1939>
6. Acesso em: 09 dez 2019.

HONORATO, T. A Reforma Sampaio Dória: professores, poder e figurações. **Educação & Realidade**, v. 42, n. 4, p. 1279-1302, 2017. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/edreal/a/bkqPgRH4ZQFRXH5CyCpszPN/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 13 abr 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa nacional por amostra de domicílios contínua**. Estatísticas sociais, 2019. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/rendimento-despesa-e-consumo/9171-pe>
squisa-nacional-por-amostra-de-domicilios-continua-mensal.html?=&t=downloads. Acesso em: 10 set 2021.

JUNQUEIRA, L. C. U.; SILVA FILHO, J. C. **Biologia Celular e Molecular**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan. 2012.

JUNQUEIRA, L. C. U.; SILVA FILHO, J. C. da. **Histologia básica**. 12 . ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2013.

KRASILCHIK, M. **O professor e o currículo das ciências**. São Paulo: EPU, 1987.

KRASILCHIK, M. **Prática de ensino de biologia**. EdUSP, 2004.

KRASILCHIK, M. Reformas e Realidade: o caso do ensino de ciências. **São Paulo em Perspectiva**, v. 14, n.1, p. 85-93, 2000. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/spp/a/y6BkX9fCmQFDNnj5mtFgzyF/?lang=pt&format=pdf>. Acesso em: 18 mai 2021.

LEÃO, N. M. M. de; KALHIL, J. B. Concepções alternativas e os conceitos científicos: uma contribuição para o ensino de ciências. **Latin-American Journal of Physics Education**, v. 9, n. 4, p. 12, 2015. Disponível em: http://www.lajpe.org/dec15/4601_Nubia.pdf. Acesso em: 12 out 2019.

LEMME, P. O Manifesto dos Pioneiros da Educação Nova e suas repercussões na realidade educacional brasileira. **Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos**, v. 86, n. 212, 2005. Disponível em: <http://rbep.inep.gov.br/ojs3/index.php/rbep/article/view/2941/2676>. Acesso em: 02 fev 2021.

LOMBARDI, J. C. Educação e nacional-desenvolvimentismo (1946-1964). **Revista HISTEDBR On-line**, v. 14, n. 56, p. 26-45, 2014. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/histedbr/article/view/8640432>. Acesso em: 14 fev 2019.

LONGHINI, I. M. Diferentes contextos do ensino de biologia no Brasil de 1970 a 2010. **Educação e Fronteiras**, v. 2, n. 6, p. 56-72, 2012.

LOPES, J. A. **Problemas de comportamento, problemas de aprendizagem e problemas de "ensinagem"**. Quarteto Editorial, 2002.

LOPES, A. C.; MACEDO, E. **Teorias de currículo**. São Paulo: Cortez, 2011.

LORENZ, K. M.; BARRA, V. M. Produção de Materiais Didáticos de Ciências no Brasil, Período 1950 a 1980. **Ciência e Cultura**, p. 1970, 1986. Disponível em: https://fep.if.usp.br/~profis/arquivo/projetos/artigos/LORENTZ_1986.pdf. Acesso em: 13 dez 2019.

LÜBKE, J. V. R.; COSTA, R. R. **Manuais didáticos de ciências nas décadas de 1970 e 1980: os autores paranaenses no cenário nacional**. Anais Eletrônicos do 14º Seminário Nacional de História da Ciência e da Tecnologia –14º SNHCT, Belo Horizonte, 2014. Disponível em: https://www.14snhct.sbhct.org.br/arquivo/download?ID_ARQUIVO=1773. Acesso

em:07 mai 2019.

LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. A. **Pesquisa em educação**: abordagens qualitativas. Em Aberto, v. 5, n. 31, 1986.

MAIA, L. P. M. **Guia Metodológico para cadernos MEC – Física**. Rio de Janeiro: FENAME, 1973.

MARQUES, V. R. B. **História da educação**. Curitiba: IESDE Brasil, 2008.

MARTINS, A. M. S. Breves reflexões sobre as primeiras escolas normais no contexto educacional brasileiro, no século XIX. **Revista HISTEDBR on-line**, v. 9, n. 35, p. 173-182, 2009. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/histedbr/article/view/8639621/7189>. Acesso em: 04 jan 2021.

MASINI, E. F. S. **Psicopedagogia na escola**: buscando condições para a aprendizagem significativa. Edições Loyola, 1994.

MELO, R. C. N. **Células e microscopia**: princípios e práticas. São Paulo, Minha Editora, 1ª edição, 2013.

MICARELLO, H. A. L. S. A BNCC no contexto de ameaças ao estado democrático de direito. **EccoS – Revista Científica**, n. 41, p. 61-75, 2016. Disponível em: <https://www.redalyc.org/journal/715/71550055005/html/>. Acesso em: 07 jan 2021.

MILLAR, R. Um currículo de ciências voltado para a compreensão por todos. **Ensaio** - Pesquisa em Educação em Ciências, Belo Horizonte, v. 5, p. 146-164, 2003. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/epec/a/pYCvd8mMq5s8sTZf8pbvM4Q/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 26 out 2021.

MORAES, R. Análise de conteúdo. **Revista Educação**, Porto Alegre, RS, v. 22, n. 37, p. 7-32, 1999. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4125089/mod_resource/content/1/Roque-Moraes_Analise%20de%20conteudo-1999.pdf. Acesso em: 18 mai 2019.

MOREIRA, A. F. B. **Currículos e programas no Brasil**. Campinas: Papirus, 1990.

MOREIRA, M. A. Linguagem e aprendizagem significativa. In: **Conferência de encerramento do IV Encontro Internacional sobre Aprendizagem Significativa**. Maragogi, 2003.

MOREIRA, M. A. Aprendizagem significativa subversiva. **Periódico do Programa de Pós-Graduação em Educação da UCDB**, n. 21, p. 15-32, 2006a. Disponível em: <https://www.serie-estudos.ucdb.br/serie-estudos/article/view/289>. Acesso em: 06 abr2020.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem Significativa**: da visão clássica à visão crítica. *In*: Conferência de encerramento do V Encontro Internacional sobre Aprendizagem Significativa, Espanha, 2006b.

MOREIRA, M. A. Negociação de significados e aprendizagem significativa. **Ensino, Saúde e Ambiente**, v. 1, n. 2, 2008. Disponível em: <https://periodicos.uff.br/ensinosaudeambiente/article/download/21027/12502>. Acesso em: 30 set 2019.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem Significativa**: a teoria e os textos complementares. São Paulo, Editora Livraria da Física; 2011a.

MOREIRA, M. A. **Metodologias de pesquisa em ensino**. São Paulo, Editora Livraria da Física, v. 83, 2011b.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem significativa, organizadores prévios, mapas conceituais, diagramas V e unidades de ensino potencialmente significativas**. Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Paraná, 87 p., 2013.

MOREIRA, M. A.; MASINI, E. F. **Aprendizagem significativa**: a teoria de David Ausubel. Centauro, 2001.

MORENO, J. R. **Diseño de un proyecto de aula que contribuya al aprendizaje significativo a partir del dominio del concepto de célula**. 2021. 142f. Dissertação (Mestrado) – Facultad de Ciencias, Maestría en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Medellín, 2021. Disponível em: <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/80180/1017129780.2021.pdf?sequence=2&isAllowed=y>. Acesso em: 13 nov 2021.

MORTIMER, E. F. Pressupostos epistemológicos para uma metodologia de ensino de química: mudança conceitual e perfil epistemológico. **Química Nova**, v. 15, n. 3, p. 242-249, 1992. Disponível em: http://static.sites.s bq.org.br/quimicanova.s bq.org.br/pdf/Vol15No3_242_v15_n3_%2814%29.pdf. Acesso em: 26 mai 2020.

MORTIMER, E. F. Construtivismo, mudança conceitual e ensino de ciências: para onde vamos? **Investigações em ensino de ciências**, v. 1, n. 1, p. 20-39, 1996. Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/645/436>. Acesso em: 03 dez 2019.

MORTIMER, E. F. **Linguagem e formação de conceitos no ensino de ciências**. Belo Horizonte, Editora UFMG, 1 ed., 2000.

MORTIMER, E. F.; SCOTT, P.; EL-HANI, C. N. **Bases epistemológicas da**

abordagem dos perfis conceituais. VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC), 2009. Disponível em: http://abrapecnet.org.br/atas_enpec/ixenpec/atas/resumos/R0941-1.pdf. Acesso em: 14 out 2019.

NARDI, R.; ALMEIDA, M. J. P. M. Investigação em Ensino de Ciências no Brasil segundo pesquisadores da área: alguns fatores que lhe deram origem.

Pro-posições, v. 18, n. 1, p. 213-226, 2007. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/proposic/article/view/8643587/11108>. Acesso em: 08 abr 2020.

NARDI, R.; GATTI, S. T. Concepções Espontâneas, Mudança Conceitual e Ensino de Ciências: Uma revisão sobre as investigações construtivistas nas últimas três décadas. **Amazônia - Revista de Educação em Ciências e Matemáticas**, Pará, v. 1, p. 27-39, 2005. Disponível em: <https://periodicos.ufpa.br/index.php/revistaamazonia/article/view/1471/2051>. Acesso em: 16 jun 2019.

NASCIMENTO, A. J. F; SOUZA, D. C; CARNEIRO, M. C. O conhecimento biológico nos documentos curriculares nacionais do ensino médio: uma análise histórico-filosófica a partir dos estatutos da biologia. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 16, n. 2, p. 223-243, 2011. Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/228/160>. Acesso em: 11 mai 2021.

NASCIMENTO, A. J. F; SOUZA, D. C; CARNEIRO, M. C. **O conhecimento biológico nos documentos curriculares nacionais do ensino médio**: uma análise histórico-filosófica a partir dos estatutos da biologia. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 16, n. 2, p. 223-243, 2016. Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/228>. Acesso em 14 fev 2019.

NASCIMENTO, F.; FERNANDES, H. L.; MENDONÇA, V. M. O ensino de ciências no Brasil: história, formação de professores e desafios atuais. **Revista HISTEDBR On-line**, Campinas, n. 39, p.225-249, 2010. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/histedbr/article/view/8639728/7295>. Acesso em: 07 jan 2019.

NEIRA, M. G.; JÚNIOR, W. A.; ALMEIDA, D. F. A primeira e segunda versões da BNCC: construção, intenções e condicionantes. **EccoS – Revista Científica**, São Paulo, n. 41, p. 31-44, 2016. Disponível em: <https://periodicos.uninove.br/eccos/article/view/6807/3374>. Acesso em: 06 abr 2019.

NETO, J. A. S. P. Teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel: perguntas e respostas. **Revista Série-Estudos**, Mato Grosso do Sul, n. 1, 14 p., 2006.

Disponível em: <https://www.serie-estudos.ucdb.br/serie-estudos/article/view/296/149>. Acesso em: 04 out 2020.

NEVES, R. F. **Abordagem do conceito de célula**: uma investigação a partir das contribuições do Modelo de Reconstrução Educacional (MRE). 264f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2015. Disponível em: <http://www.tede2.ufrpe.br:8080/tede/handle/tede2/5352>. Acesso em: 27 dez 2020.

NEVES, S. *et al.* Aprendizagem significativa por descoberta: uma reflexão da problematização sob a abordagem de Ausubel. **CIAIQ**, v. 1, 6 p., 2017. Disponível em: <https://proceedings.ciaiq.org/index.php/ciaiq2017/article/view/1391/1348>. Acesso em: 03 dez 2019.

NOVAK, J. D. **Uma Teoria de Educação**. São Paulo, Pioneira, 1981.

NOVAK, J. D. **Aprender a Aprender**. Lisboa, Plátano, 1996.

NOVAK, J. D. **Teoría y Practica de la Educación**. Madrid, Alianza Universidad, 1997

NOVAK, J. D. **Teoria da Aprendizagem Significativa**: Contributos do III Encontro Internacional sobre Aprendizagem Significativa. Peniche, 146 p., 2000. Disponível em: <https://repositorioaberto.uab.pt/bitstream/10400.2/1320/1/Livro%20Peniche.pdf>. Acesso em: 08 out 2021.

NUNES, C. Historiografia comparada da escola nova: algumas questões. **Revista da Faculdade de Educação**, São Paulo, v. 24, p. 105-125, 1998. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/rfe/article/view/59617/62714>. Acesso em: 13 jul 2021.

NUNES, T.; BUARQUE, L.; BRYANT, P. **Dificuldades na aprendizagem da leitura**: teoria e prática. São Paulo, Cortez, 1992.

OHLES, F. *et al.* **Biographical dictionary of modern American educators**. Greenwood Publishing Group, EUA, 1997. Disponível em https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=PBj5-zHEMvoC&oi=fnd&pg=PR_9&dq=OHLES+et+al.+1997&ots=41RYzPI9vo&sig=A-wCR2FNx6yex5fIMPuHsoktQDQ&redir_esc=y#v=onepage&q=OHLES%20et%20al.%201997&f=false. Acesso em 22 fev 2019.

OLIVEIRA, S. S. Concepções alternativas e ensino de biologia: como utilizar estratégias diferenciadas na formação inicial de licenciados. **Educar em Revista**, Curitiba, Editora UFPR, n. 26, 18 p., 2005. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/er/a/RmGBrVJVsnBFgVhrqv7MjXg/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 08 dez 2019.

OSBORNE, R.; FREYBERG, P. **El Aprendizaje de las Ciencias**: Implicaciones de las ideas previas de los alumnos. MadridL Narcea, 3 ed., 2014.

PALMERO, M. L. R.; MOREIRA, M. A. Modelos mentales de la estructura y el funcionamiento de la célula: dos estudios de casos. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 4, n. 2, p. 121-160, 1999. Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/606/396>. Acesso em: 12 abr 2019.

PALMERO, M. L. R. La célula vista por el alumnado. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 9, n. 2, p. 229-246, 2003. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ciedu/a/yH7LH8tSjvwDrs7LXLWNbxS/?format=pdf&lang=es>. Acesso em: 19 set 2021.

PALMERO, M. L. R. Revisión bibliográfica relativa a la enseñanza/ aprendizaje de la estructura y del funcionamiento celular. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 2, n. 2, p. 123-149, 2016. Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/633/423>. Acesso em: 13 jul 2020.

PARANÁ. SECRETARIA DE ESTADO DA EDUCAÇÃO DO PARANÁ. **Diretrizes Curriculares da Educação Básica**: Biología. Curitiba, Imprensa Oficial, 2008. Disponível em: https://www.educacao.pr.gov.br/sites/default/arquivos_restritos/files/documento/2019-12/dce_bio.pdf. Acesso em: 14 dez 2021.

PEDRANCINI, V. D. *et al.* Ensino e aprendizagem de Biología no ensino médio e a apropriação do saber científico e biotecnológico. **Revista Electrónica de Enseñanza de las ciencias**, v. 6, n. 2, p. 299-309, 2007. Disponível em: http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen6/ART5_Vol6_N2.pdf. Acesso em: 08 nov 2021.

PEGORARO, O. M. E. *et al.* **A formação de conceitos em biología celular**. Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – ENPEC, Londrina, 4 p., 2003. Disponível em: <http://abrapecnet.org.br/enpec/iv-enpec/painel/PNL020.pdf>. Acesso em: 06 out 2021.

PERINI, L.; FERREIRA, G. K.; CLEMENT, L. **Projeto de Ensino PSSC: uma análise dos exercícios/problemas**. XVIII Simpósio Nacional de Ensino de Física. Anais do XVIII SNEF, Vitória, SBF, 2009.

PICCININNI, F. **Ausubel, historian, dies at age 56**. EUA, Columbia Daily Spectator, n. 80, 1977.

POSNER, G. J. *et al.* Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. **Science education**, Nova Iorque, v. 66, n. 2, p. 211-227, 1982. Disponível em:

https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4087814/mod_resource/content/1/Posner_et_al_1982.pdf. Acesso em: 05 mai 2019.

PRAIA, J. F. **Aprendizagem significativa em D. Ausubel**: Contributos para uma adequada visão da sua teoria e incidências no ensino. Portugal, p. 121-134, 2000.

PULGARÍN, L. G. C. **Diseño de una Unidad de Enseñanza Potencialmente Significativa para el aprendizaje del concepto de célula eucariota en el grado séptimo de la Institución Educativa El Pedregal del municipio de Medellín**.

2014. 85f. Dissertação (Mestrado) – Facultad de Ciencias, Maestría en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Medellín, 2014. Disponível em: <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/53236/71749502.2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 13 fev 2019.

RAMÍREZ RAMÍREZ, S. **Elaboración de una herramienta didáctica para forjar un aprendizaje significativo crítico del concepto célula a través del uso de las TIC [recurso electrónico]**. 2014. 160f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Instituto de Educación y Pedagogía, Licenciatura en Educación Básica con énfasis en Ciencias Naturales y Educación Ambiental, Universidad del Valle Sede Pacífico, Colômbia, 2014. Disponível em: <https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/handle/10893/13608/0593804.PDF?sequence=>. Acesso em: 05 nov 2020.

REINOSA, M. A. B. **Enseñanza-aprendizaje del concepto de célula en estudiantes de básica secundaria**. 2014. 143f. Dissertação (Mestrado) – Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Manizales, 2014. Disponível em: <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/30349/8412009.2014.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 30 nov 2019.

RIBEIRO, P. R. M. História da educação escolar no Brasil: notas para uma reflexão. **Revista Paidéia**, Ribeirão Preto, n. 4, p. 15-30, 1993. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/29513/S0103-863X1993000100003.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 14 abr 2020.

RODRIGUES, M. L. B.; MENDES SOBRINHO, J. A. C. Aspectos históricos do ensino de Ciências Naturais de 5ª a 8ª série do ensino fundamental. *In*: MENDES

SOBRINHO, J. A. C. (Org.) **Práticas Pedagógicas em Ciências Naturais**: abordagens na escola fundamental. Teresina, EDUFPI, 2008.

RODRÍGUEZ PALMERO, M. L. La célula vista por el alumnado. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 9, n. 2, p. 229-246, 2003. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ciedu/a/yH7LH8tSjvwDrs7LXLWNbxS/abstract/?lang=es>. Acesso em 15 jul 2020.

SÁ, M. I. P. A Profissionalização do Ensino Médio Brasileiro: Da Proposta Legal à

Sua Implementação. **Revista Educação em Debate**, v. 4, n. 1, 1982. Disponível em: https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/11864/1/1982_art_mipsa.pdf. Acesso em: 16dez 2020.

SANTOS, M. E. V. M. **Mudança conceptual na sala de aula**: um desafio pedagógico. Lisboa, Livros Horizonte, 1991.

SANTOS, A. R.; CASALI, A. D. Currículo e educação: origens, tendências e perspectivas na sociedade contemporânea. **Olhar de Professor**, v. 12, n. 2, 2010. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/684/68419274001.pdf>. Acesso em: 26 abr 2021.

SANTOS, A. O.; SILVA, R. P.; ANDRADE, D.; LIMA, J. P. M. Dificuldades e motivações de aprendizagem em Química de alunos do ensino médio investigadas em ações do (PIBID/UFS/Química). **Revista Scientia Plena**. Sergipe, v. 9, n. 7, 2013. Disponível em: <http://www.scientiaplena.org.br/sp/article/viewFile/1517/812>. Acesso em 30 nov 2020.

SÃO PAULO. **Proposta Curricular do Estado de São Paulo**: Biologia. 2008. Disponível em: http://www.rededosaber.sp.gov.br/portais/Portais/18/arquivos/Prop_BIO_COMP_re d_md_20_03.pdf. Acesso em: 10/01/2018.

SAVIANI, D. Educação escolar, currículo e sociedade: o problema da Base Nacional Comum Curricular. **Movimento** - revista de educação, v. 3, n. 4, 2016. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/329113714_EDUCACAO_ESCOLAR_CURRICULO_E_SOCIEDADE_o_problema_da_Base_Nacional_Comum_Curricular. Acesso em: 30 jul 2021.

SCHEUER, N.; CRUZ, M. Desenvolvimento representacional: as crianças como teóricas da mudança cognitiva. *In*: CARRETERO, M.; CASTORINA, J. A. (Org.). **Desenvolvimento Cognitivo e Educação**: Processos do conhecimento e Conteúdos específicos. Porto Alegre, Penso, v. 2, 294 p., 2014.

SELLES, S. E. **Lugares e culturas na disciplina escolar Biologia**: examinando as práticas experimentais nos processos de ensinar e aprender. XIV Endipe. Rio Grande do Sul, PUC, 2008.

SENABRE, M. J. C.; GIMÉNEZ, I. Las ideas del alumnado sobre el concepto de célula al finalizar la educación general básica. **Enseñanza de las ciencias**: revista de investigación y experiencias didácticas, Espanha, v. 11, n.1, p. 63-68, 1993. Disponível em: <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/39778/93229>. Acesso em: 28 jul 2021.

SHYMANSKY, J. BSCS programs: Just how effective were they? **The American Biology Teacher**, EUA, v. 46, n. 1, p. 54-57, 1984.

SILVA, A. V. M. da. A pedagogia tecnicista e a organização do sistema de ensino brasileiro. **Revista HISTEDBR On-line**, v. 16, n. 70, p. 197-209, 2016. Disponível em:

<https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/histedbr/article/view/8644737/15765>. Acesso em: 22 fev 2020.

SILVA, E. P. Q. **A invenção do corpo e seus abalos: diálogos com o ensino de biologia**. 201f. 2010. Tese (Doutorado) -Programa de Pós-Graduação em Educação, Universidade Federal de Uberlândia, Minas Gerais, 2010. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/13614/1/Tese%20Elenita.pdf>. Acesso em: 01 dez 2020.

SILVA, M. R. da. A BNCC da reforma do Ensino Médio: o resgate de um empoeiradodiscurso. **Educação em revista**, Curitiba, v. 34, 2018. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/edur/a/V3cqZ8tBtT3Jvts7JdhxxZk/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 12 dez 2020.

SILVA, S. N.; LOUREIRO, C. F. B. As Vozes de Professores-Pesquisadores do Campo da Educação Ambiental sobre a Base Nacional Comum Curricular (BNCC): Educação Infantil ao Ensino Fundamental. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 26, 2020.

SILVA, T. R. “Um curso moderno de biologia para a escola secundária (1965-1972): as configurações do currículo do BSCS versão azul no Brasil. **Humanidades & Inovação**, v. 7, n. 8, p. 125-140, 2020.

SILVA-BATISTA, I. C.; MORAES, R. R . História do ensino de Ciências na EducaçãoBásica no Brasil (do Império até os dias atuais). **Educação Pública**, Rio de Janeiro, v. 19, 2 p., 2019. Disponível em: <https://educacaopublica.cecierj.edu.br/artigos/19/26/historia-do-ensino-de-ciencias-na-educacao-basica-no-brasil-do-imperio-ate-os-dias-atuais>. Acesso em: 30 dez 2020.

SILVA JUNIOR, C.; SASSON, S.; CALDINI JÚNIOR, N. **Biologia: ensino médio**. v. 1,10. ed. São Paulo, Saraiva, 2013.

SOUZA JÚNIOR, M.; GALVÃO, A. M. O . História das disciplinas escolares e história da educação: algumas reflexões. **Educação e Pesquisa**, v. 31, n. 3, p. 391-408, 2005. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ep/a/Gd49ZSgJ4KF8fMRYRkBTvjN/?format=pdf&lang=p>. Acesso em: 18 fev 2020.

SOUZA JÚNIOR, M.; SANTIAGO, E.; TAVARES, M. Currículo e saberes escolares: ambiguidades, dúvidas e conflitos. **Pro-Posições**, Campinas, v. 22, n. 1, p. 183-196, 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pp/a/YsBCyvjWtZWzQmTrNdYwDKb/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 07 dez 2019.

TRIVELATO, S. F. *et al.* **Ensino de Ciências: A Ciência no Ensino Fundamental**. São Paulo, Cengage Learning, 2011.

TRÓPIA, G. A relação epistêmica com o saber de alunos no ensino de biologia por atividades investigativas. **Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v. 8, n. 3, p. 55-80, 2015. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/alexandria/article/view/1982-5153.2015v8n3p55/30539>. Acesso em: 20 jul 2019.

VALLA, D. F. *et al.* Disciplina escolar Ciências: inovações curriculares nos anos de 1950-1970. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 20, n. 2, p. 377-391, 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ciedu/a/5xqqXkzzfSJzzjDCK8pGKvr/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 15 mai 2021.

VANDERLEI, A. B. **(Re)construção do conceito de célula: uma sequência didática com estudantes do ensino médio**. 110f. 2020. Dissertação (Mestrado) – Mestrado Profissional em Ensino de Biologia em Rede Nacional, Centro Acadêmico de Vitória, Universidade Federal de Pernambuco, Vitória de Santo Antão, 2020. Disponível em: [Disponível em: Disponível em: https://www.scielo.br/j/ciedu/a/5xqqXkzzfSJzzjDCK8pGKvr/?format=pdf&lang=pt](https://www.scielo.br/j/ciedu/a/5xqqXkzzfSJzzjDCK8pGKvr/?format=pdf&lang=pt). Acesso em: 30 jul 2021.

VASCONCELOS, C.; PRAIA, J. F.; ALMEIDA, L. S. Teorias de aprendizagem e o ensino/aprendizagem das ciências: da instrução à aprendizagem. **Psicologia escolar e educacional**, v. 7, n. 1, p. 11-19, 2003. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pee/a/knPKhBMSPJD4ZVP7LP9vWqN/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 08 fev 2021.

VEGLIA, S. M. **Ciencias naturales y aprendizaje significativo: claves para la reflexión didáctica y la planificación**. Buenos Aires, Centro de Publicaciones Educativas y Material Didáctico, 2007.

VENTURA, A. M. P. **Disciplina escolar Biologia nas décadas de 1970/80: a ecologização na versão verde do BSCS no Brasil**. 131f. 2014. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós Graduação em Educação, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: <https://ppge.educacao.ufrj.br/Disserta%C3%A7%C3%B5es2014/danaventura.pdf>. Acesso em: 14 abr 2029.

VENTURA, M. M. O estudo de caso como modalidade de pesquisa. **Revista SoCERJ**, v. 20, n. 5, p. 383-386, 2007. Disponível em: http://sociedades.cardiol.br/socerj/revista/2007_05/a2007_v20_n05_art10.pdf. Acesso em: 08 fev 2020.

VIGARIO, A. F.; CICILLINI, G. A. Os saberes e a trama do ensino de Biologia Celular no nível médio. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 25, n. 1, p. 57-74, 2019.

Disponível em:
<https://www.scielo.br/j/ciedu/a/szjBnyF8ympXvPZ6rmpBL5H/?format=pdf&lang=pt>.
Acesso em: 30 nov 2019.

XAVIER, L. N. O Manifesto dos pioneiros da educação nova como divisor de águas na história da educação brasileira. **Manifesto dos pioneiros da educação: um legado educacional em debate**. Rio de Janeiro: FGV, p. 21-38, 2004.

YOREK, N.; SAHIN, M.; UGULU, I. Students' representations of the cell concept from 6 to 11 grades: Persistence of the "fried-egg model". **International Journal of Physical Sciences**, Turquia, v. 5, n. 01, p. 15-24, 2010. Disponível em:
https://www.researchgate.net/publication/271499042_Students'_representations_of_the_cell_concept_from_6_to_11_grades_Persistence_of_the_fried-egg_model.
Acesso em: 13 mai 2021.

YOUNG, M. Para que servem as escolas? **Educação & Sociedade**, Campinas, v. 28, n. 101, p. 1287-1302, 2007. Disponível em:
<https://www.scielo.br/j/es/a/GshnGtmcY9NPBfsPR5HbfjG/?lang=pt&format=pdf>.
Acesso em: 08 mai 2021.

YURÉN, T. *et al.* Mundo de la vida versus habitus escolar: El caldo de cultivo del rezago educativo en un México de migrantes. **Education Policy Analysis Archives**, v. 13, p. 1-26, 2005. Disponível em:
<https://www.redalyc.org/pdf/2750/275020513013.pdf> . Acesso em 21 nov 2019.

ZOMPERO, A. F.; LABURU, C. E. As relações entre aprendizagem significativa e representações multimodais. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 12, n. 3, p. 31-31, 2010. Disponível em:
<https://www.scielo.br/j/epec/a/w5xMtZkC7TTnf48p863JMhL/?format=pdf&lang=pt>.
Acesso em: 17 nov 2020.

ZOTTI, S. Sociedade, educação e currículo no Brasil: dos jesuítas aos anos 80. **Quaestio** - Revista de Estudos em Educação, Sorocaba, v. 4, n. 2, 2002. Disponível em:
<http://periodicos.uniso.br/ojs/index.php/quaestio/article/view/1384/1367>. Acesso em: 08 fev 2019.

Apêndice A - Unidades de Ensino Potencialmente Significativa

UEPS 01 - Tema: História do descobrimento das células

Conteúdo: A invenção do microscópio e o descobrimento/detalhamento das unidades celulares.

Público-alvo: Alunos da 2ª série do Ensino Médio.

Objetivos: Compreender as relações existentes entre a invenção do microscópio e a descoberta das células presentes nos seres vivos. Correlacionar os principais agentes históricos envolvidos nestes processos e compreender o avanço científico como uma construção humana.

Tempo total: Entre oito e dez aulas com duração de 50min cada.

Sequência empregada

Atividades Iniciais (duas aulas): No intuito de fazer emergir os conhecimentos prévios referentes ao conceito de *seres vivos* que os alunos possuem, realiza-se, conjuntamente, os Exercícios 1 e 2 presentes no caderno do aluno de Biologia (Governo do estado de São Paulo, Caderno do Aluno, 2ª Série, volume 1, p. 5, 2017). Neste momento, individualmente, cada aluno seleciona figuras que representam seres vivos e objetos que se originam de um ser vivo. Em seguida, os estudantes expuseram suas respostas para os demais e discute-se as classificações.

Situações-problema iniciais (duas aulas): Por que um animal é um ser vivo? Plantas são seres vivos? A célula é um ser vivo? Por que um animal é um ser vivo e uma pedra, não é? O que caracteriza um ser vivo?

Esses questionamentos têm por objetivo discutir o conceito de *ser vivo* que os alunos possuem. A partir das discussões originárias dos Exercícios 1 e 2, propõe-se a resolução, mediada pelo professor, dos Exercícios 3, 4, 5 e 6 presentes no Caderno do Aluno de Biologia (Vol.1, p. 6)

Nesses exercícios a palavra *célula* é utilizada para propor alguns questionamentos aos alunos: a) o que são células, b) onde podemos encontrá-las? c) como surgiram? d) como elas foram descobertas?

Estes questionamentos foram debatidos em grupos, sob a mediação do professor. Por fim, um representante de cada grupo expôs uma breve síntese das respostas obtidas por seu grupo aos demais alunos. Neste momento, cabe ressaltar, não há a necessidade de se obter um consenso, o intuito é debater os diferentes pontos de vista sobre a temática.

Aprofundando conhecimentos (uma aula): Após os debates, solicita-se que os alunos formem pequenos grupos (de até 5 pessoas) para ler os textos *O que é um ser vivo?* e *Os seres vivos têm organização celular*, presentes no livro didático vol. 01 de Silva Junior, Sasson e Caldini Júnior (2013 p. 12-14). Ao final da leitura, solicita-se que os grupos comparem as informações presentes no texto com as ideias obtidas com as discussões da aula anterior. Para concluir, um representante de cada grupo deverá expor aos demais alunos as conclusões de seu grupo.

Exposição dialogada (três aulas): Propõe-se a leitura compartilhada do texto *A descoberta das células e a Teoria Celular* ((SILVA JUNIOR, SASSON e CALDINI JÚNIOR, 2013, p. 201-202) para introduzir a história da descoberta das estruturas celulares. Posteriormente, indaga-se aos alunos: a) como as primeiras células foram observadas? b) seria possível chegar às mesmas conclusões sem a utilização do microscópio?

A partir das discussões iniciadas com estes questionamentos, apresenta-se aos alunos, através de aulas expositivas, alguns fatos históricos e pessoas envolvidas na invenção dos microscópios, os primeiros pesquisadores que descreveram as estruturas celulares e os micro-organismos. Com o intuito de tornar as aulas mais atrativas, foram utilizados recursos de projeção para apresentação dos conteúdos, bem como vídeos, fotos e mapas para contextualizar a temática.

Nova situação problema e avaliação somativa (duas aulas): Após apresentar a história da descoberta das células, faz-se as seguintes perguntas aos alunos: a)

a célula é uma estrutura simples? b) todas as células são iguais? c) as células variam de acordo com a espécie? d) como as células “funcionam”?

Para fomentar essas discussões, em grupos formados por até quatro pessoas, os alunos devem ler e discutir o texto *As células e as cidades* ((SILVA JUNIOR, SASSON e CALDINI JÚNIOR, 2013, p. 210) que faz uma analogia entre o funcionamento celular e a estrutura física de uma cidade. Posteriormente, responderam a duas questões de interpretação textual propostas no livro didático.

Avaliação de aprendizagem na UEPS: a avaliação de aprendizagem é realizada com base na observação dos alunos, nas discussões em grupo, e no desempenho no questionário proposto anteriormente.

Avaliação final da UEPS: refere-se a uma análise qualitativa baseada no desempenho e demonstração (ou não) da aquisição significativa de conteúdos pelos alunos.

UEPS 02 - Tema: Estruturas celulares

Conteúdo: Caracterização das principais estruturas apresentadas pelas células (membrana plasmática, citoplasma e citoesqueleto)

Público alvo: Alunos da 2ª série do Ensino Médio.

Objetivos: Compreender a membrana plasmática, citoplasma e citoesqueleto como estruturas vitais ao funcionamento celular; correlacionar as diferentes funções das estruturas com o metabolismo celular; compreender e identificar as formas de trocas de substâncias entre a célula e o meio.

Tempo total: Entre 14 e 16 aulas com duração de 50min cada.

Sequência empregada

Atividades Iniciais (duas aulas): Iniciamos essa temática através da leitura do texto “Múmias, bacalhau e osmose” presentes no livro didático (SILVA JUNIOR, 2013, p.211-212), que relata alguns usos do processo osmótico pela humanidade. Posteriormente, realizamos as discussões propostas ao final do texto, sempre questionando os motivos pelos quais a perda da água estaria relacionada com a preservação dos corpos e/ou de alimentos.

Situações-problema iniciais (três aulas): As células trocam moléculas com o meio? Como? Células são capazes de regular o fluxo de entrada e saída de substâncias? Haveria uma estrutura responsável por regular este fluxo? Qual? Como seria esta estrutura? Além de regular as trocas com o meio, esta estrutura teria quais outras funções?

Em pequenos grupos, os alunos procuraram responder a estes questionamentos e compartilharam suas conclusões.

Exposição dialogada (quatro aulas): Para complementar as informações obtidas sobre nas discussões anteriores, realizamos uma exposição, através da projeção de *slides* da estrutura da membrana plasmática vista através de micrografias e a comparamos com os modelos presentes no livro didático. Em complementariedade, foram expostos os conceitos relativos à forma/função do citoplasma e do citoesqueleto.

Aprofundando conhecimentos (três aulas): Após o estudo da estrutura da membrana plasmática, iniciamos a apresentação expositiva dos mecanismos pelos quais as diferentes moléculas e íons atravessam a estrutura lipoproteica da membrana, permitindo a troca com o meio extracelular.

Realizamos, conjuntamente, os exercícios presentes nas páginas 22 a 26 do Caderno do Aluno de Biologia (Governo do Estado de São Paulo, Caderno do Aluno, 2ª Série, volume 1, p. 05, 2017).

Nova situação problema e avaliação somativa (três aulas): Seria possível visualizarmos os efeitos da osmose em sala de aula ou no ambiente doméstico? Como?

Para responder a estes questionamentos propusemos a realização do experimento “Osmose em células de batatas” no qual os alunos foram divididos em grupos e cada um recebeu duas metades de uma batata inglesa cruas.

Em ambas, foram orientados a remover uma pequena porção no centro, de modo a criar uma concavidade. Posteriormente, eles adicionaram sal na concavidade de uma das batatas e aguardaram.

Os resultados obtidos foram anotados em um relatório de experimentação.

Avaliação de aprendizagem na UEPS: A avaliação de aprendizagem foi realizada com base na observação dos alunos, nas discussões em grupo, no desempenho na resolução do questionário proposto anteriormente e na elaboração do relatório referente ao experimento da batata.

Avaliação final da UEPS: refere-se a uma análise qualitativa baseada no desempenho e demonstração (ou não) da aquisição de conteúdos pelos alunos.

UEPS 03 - Tema: Organelas celulares

Conteúdo: Organelas celulares

Público alvo: Alunos da 2ª série do Ensino Médio.

Objetivos: Compreender a célula como entidade biológica complexa, unidade básica da vida, possuidora de diversas estruturas tais como as organelas; Correlacionar as funções metabólicas com as respectivas organelas celulares; Reconhecer e diferenciar células procarióticas e eucarióticas bem como correlacionar cada tipo celular com os organismos existentes.

Tempo total: entre 18 e 20 aulas com duração de 50min cada.

Sequência empregada

Atividades Iniciais (três aulas): Iniciamos com a leitura e análise das imagens presentes nas páginas 8 e 9 do Caderno do Aluno de Biologia na qual são

expostas as figuras das células dos seguintes organismos: *Paramecium* sp., *Amoeba* sp., vegetal e animal.

Após análise das diferenças e semelhanças presentes nas imagens, os alunos foram orientados a formar pequenos grupos e responder ao exercício 01 da página 10, no qual deveriam preencher uma tabela comparativa entre os organismos supracitados.

Finda esta atividade, um representante de cada grupo expôs aos demais alunos seus registros e comparou-se com os realizados pelos demais alunos

Situações-problema iniciais (duas aulas): Por que as células possuem estruturas diferentes? Quais são as funções destas estruturas? Estariam as estruturas celulares relacionadas ao ambiente onde o organismo habita?

Esses questionamentos têm por objetivo fomentar discussões a respeito da diversidade de formas estruturas presentes nos diversos organismos.

A partir das discussões realizamos a leitura conjunta dos textos presentes nas páginas 206 e 207 do livro didático vol. 1 (SILVA JUNIOR, SASSON e CALDINI JÚNIOR, 2013) que abordam as principais características das células procarióticas e eucarióticas, bem como analisamos a tabela comparativa presente na página 208 deste livro.

Aprofundando conhecimentos (quatro aulas): Com base nas leituras anteriores, retomamos as perguntas norteadoras apresentadas na situação problema e solicitamos a exposição verbal dos alunos sobre as características celulares e suas diferentes formas. Posteriormente, iniciamos uma sequência de aulas expositivas na qual complementamos as informações obtidas nas etapas anteriores com novos conceitos e imagens das estruturas, organelas e principais fenômenos metabólicos que ocorrem em interior celular.

Exposição dialogada (três aulas): No intuito de realizar esta etapa, os alunos foram orientados a realizar, em pequenos grupos, os exercícios presentes nas páginas 13 a 20 do Caderno do Aluno de Biologia (Governo do Estado de São Paulo, Caderno do Aluno, 2ª Série, volume 1, 2017). Ao final da realização destes exercícios, houve a correção conjunta deles, sendo que cada representante dos grupos deveria apresentar as respostas formuladas por seus pares. Realizamos a

comparação entre todos os grupos e, nos casos de divergência de respostas, realizamos debates para chegarmos a um consenso.

Nova situação problema e avaliação somativa (seis aulas): Propusemos aos alunos que elaborassem pequenos grupos para confecção de uma maquete referente a um dos seguintes grupos celulares: célula de protozoário, animal, vegetal, bacteriana e fúngica. Adicionalmente, eles elaboraram cartazes explicativos contendo as principais informações a respeito dos grupos escolhidos. Todo o material produzido pelos alunos foi exposto durante a realização da Feira de Artes, um evento anual realizado pela escola no qual são expostas as produções dos alunos para a comunidade.

Avaliação de aprendizagem na UEPS: A avaliação de aprendizagem foi realizada com base na observação dos alunos, nas discussões em grupo e no desempenho na resolução do questionário proposto anteriormente.

Avaliação final da UEPS: refere-se a uma análise qualitativa baseada no desempenho e demonstração (ou não) da aquisição de conteúdos pelos alunos.

Apêndice B

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

O ensino e a aprendizagem de Biologia: Contribuições da diversificação metodológica para a aquisição significativa de conceitos científicos no ensino médio. Um estudo de caso com o tema “Célula”.

Responsáveis: Bruna Ricci de Brito e Maria José Fontana Gebara Número do CAAE: 69200317.3.0000.5404

Você está sendo convidado a participar como voluntário de uma pesquisa. Este documento, chamado Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, visa assegurar os direitos do participante e é elaborado em duas vias, uma que deverá ficar com você e outra com o pesquisador.

Por favor, leia com atenção e calma, aproveitando para esclarecer suas dúvidas. Se houver perguntas antes ou mesmo depois de assiná-lo, você poderá esclarecê-las com as pesquisadoras. Se preferir, pode levar este Termo para casa e consultar seus familiares ou outras pessoas antes de assinar. Não haverá nenhum tipo de penalização ou prejuízo se você não aceitar ou retirar sua autorização em qualquer momento.

Justificativa e objetivos:

Este projeto de pesquisa tem por objetivo promover melhorias na qualidade de ensino ofertada aos estudantes através de mudanças nas metodologias didáticas empregadas em sala de aula. Para tanto, faz-se necessária a criteriosa análise das respostas produzidas pelos alunos aos questionários que serão aplicados durante as aulas de Biologia na Escola Estadual (dado omitido para preservar o sigilo). A pesquisa será desenvolvida pela pesquisadora responsável Bruna Ricci de Brito, aluna do curso de Doutorado em Ensino de Ciências e Matemática da UNICAMP e professora de Biologia da Escola Estadual Professor Antônio Zanluchi, sob a orientação da Professora Doutora Maria José Fontana Gebara.

Para os alunos, a mudança na metodologia didática propiciará um contato

potencialmente significativo com os conteúdos curriculares referentes ao tema “Célula” e, através desta pesquisa, objetiva-se que eles possam ter uma melhor aprendizagem destes conteúdos.

Procedimentos:

Durante o ano letivo 2017, todos os alunos pertencentes às segundas séries do Ensino Médio vivenciarão uma nova abordagem didática, no intuito de promover melhorias no processo de ensino e de aprendizagem. Autorizando a participação de seu filho(a) neste estudo, você contribuirá para o desenvolvimento de pesquisas no campo educacional. A qualquer momento, os responsáveis legais poderão acompanhar, de forma presencial, toda a sequência didática bem como sanar eventuais dúvidas.

Para a obtenção de dados desta pesquisa, todos os alunos responderão por escrito a questionários aplicados pela professora durante as aulas de Biologia. Estes questionários fazem parte das atividades escolares rotineiras dos alunos e somente serão analisados nesta pesquisa as respostas daqueles estudantes cujos responsáveis legais assinarem este documento.

As respostas aos questionários produzidas pelos alunos serão guardadas pela pesquisadora, no ambiente escolar, durante o período de cinco anos. Em nenhum momento haverá o registro de voz ou de imagem dos alunos. Os nomes que constarão nos questionários serão, no momento da análise dos dados, recortados e descartados após a degradação em uma picotadora de papel de modo a assegurar o sigilo, a não identificação e exposição dos alunos.

Desconfortos e riscos:

Esta pesquisa não apresenta riscos presumíveis à integridade física, psicológica, moral, intelectual, social, cultural ou espiritual aos alunos que dela participarem. Em nenhuma hipótese os indivíduos participantes serão identificados ou terão suas imagens registradas

Você não deve participar deste estudo se considerar que os dados produzidos pelo seu filho(a) ou por aquele de quem possui a guarda legal não sejam importantes para o desenvolvimento desta pesquisa.

Benefícios:

A participação nesta pesquisa não acarretará nenhum benefício aos alunos ou a seus responsáveis legais

Acompanhamento e assistência:

Todos os alunos terão seu progresso educacional acompanhado pela Unidade Escolar, antes, durante e após a execução deste projeto de pesquisa. Os responsáveis legais poderão, a qualquer momento, procurar esclarecer eventuais dúvidas com a professora responsável e/ou participar das aulas ministradas na escola.

Sigilo e privacidade:

Você tem a garantia de que sua identidade e a identidade de seu filho(a) serão mantidas em sigilo e nenhuma informação será dada a outras pessoas que não façam parte da equipe de pesquisadores. Na divulgação dos resultados desse estudo, seu nome e o nome de seu filho(a) não serão citados.

Ressarcimento e Indenização:

Toda a pesquisa será realizada em ambiente escolar e durante os horários em que os alunos estão matriculados na escola Estadual (dado omitido para preservar o sigilo), ou seja, durante a rotina dos alunos participantes. Você terá a garantia ao direito a indenização diante de eventuais danos decorrentes da pesquisa.

Armazenamento do material:

Os questionários respondidos pelos alunos serão armazenados durante o período de cinco anos na Escola Estadual (dado omitido para preservar o sigilo). Após este período, serão descartados.

Contato:

Em caso de dúvidas sobre a pesquisa, você poderá entrar em contato com os pesquisadores:

Pesquisadora responsável: Bruna Ricci de Brito Instituição: Universidade Estadual de Campinas

E-mail: b152083@unicamp.br Telefone: (19) 38191455

Endereço: Rua Primavera, nº450, Parque do Horto, Hortândia, São Paulo.

Orientadora: Profª Drª Maria José Fontana Gebara

Instituição: Universidade Federal de São Carlos – UFSCar - Departamento de Física, Química e Matemática. Endereço: Rodovia João Leme dos Santos, (SP-264), Km 110, s/n - Parque Reserva Fazenda Imperial18052780 - Sorocaba, SP – Brasil Telefone: (15) 32296000 - maria.gebara@ufscar.br

Em caso de denúncias ou reclamações sobre sua participação e sobre questões éticas do estudo, você poderá entrar em contato com a secretaria do Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da UNICAMP das 08:30hs às 11:30hs e das 13:00hs às 17:00hs na Rua: Tessália Vieira de Camargo, 126; CEP 13083-887 Campinas – SP; telefone (19) 3521-8936 ou (19) 3521-7187; e-mail: cep@fcm.unicamp.br.

O Comitê de Ética em Pesquisa (CEP).

O papel do CEP é avaliar e acompanhar os aspectos éticos de todas as pesquisas envolvendo seres humanos. A Comissão Nacional de Ética em Pesquisa (CONEP), tem por objetivo desenvolver a regulamentação sobre proteção dos seres humanos envolvidos nas pesquisas. Desempenha um papel coordenador da rede de Comitês de Ética em Pesquisa (CEPs) das instituições, além de assumir a função de órgão consultor na área de ética em pesquisas

Consentimento livre e esclarecido:

Após ter recebido esclarecimentos sobre a natureza da pesquisa, seus objetivos, métodos, benefícios previstos, potenciais riscos e o incômodo que esta possa acarretar, aceito participar e declaro estar recebendo uma via original deste documento assinada pelo pesquisador e por mim, tendo todas as folhas por nós rubricadas:

Nome do (a) participante:

Contato telefônico:

e-mail (opcional):

Data: /_____/_____.

(Nome e assinatura do RESPONSÁVEL LEGAL)

Responsabilidade do Pesquisador:

Asseguro ter cumprido as exigências da resolução 466/2012 CNS/MS e complementares na elaboração do protocolo e na obtenção deste Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. Asseguro, também, ter explicado e fornecido

uma via deste documento ao participante. Informo que o estudo foi aprovado pelo CEP perante o qual o projeto foi apresentado. Comprometo-me a utilizar o material e os dados obtidos nesta pesquisa exclusivamente para as finalidades previstas neste documento ou conforme o consentimento dado pelo participante.

Data: /_____/_____.