UNESPAR

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO PARANÁ
CAMPUS DE PARANAVAÍ
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS E DA EDUCAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FORMAÇÃO DOCENTE
INTERDISCIPLINAR - PPIFOR

USO DE LABORATÓRIOS VIRTUAIS NO ENSINO DE DIVISÃO CELULAR NA PERSPECTIVA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

ELOINY FERNANDA DE SOUZA

PARANAVAÍ
2025

ELOINY FERNANDA DE SOUZA

2025

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO PARANÁ
CAMPUS DE PARANAVAÍ
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS E DA EDUCAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FORMAÇÃO DOCENTE INTERDISCIPLINAR – PPIFOR

USO DE LABORATÓRIOS VIRTUAIS NO ENSINO DE DIVISÃO CELULAR NA PERSPECTIVA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

ELOINY FERNANDA DE SOUZA

PARANAVAÍ

2025

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO PARANÁ
CAMPUS DE PARANAVAÍ
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS E DA EDUCAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FORMAÇÃO DOCENTE INTERDISCIPLINAR - PPIFOR

USO DE LABORATÓRIOS VIRTUAIS NO ENSINO DE DIVISÃO CELULAR NA PERSPECTIVA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

Dissertação apresentada por Eloiny Fernanda de Souza ao Programa de Pós-Graduação em Formação Docente Interdisciplinar da Universidade Estadual do Paraná – Campus de Paranavaí, como um dos requisitos para a obtenção do título de Mestra em Ensino.
Área de Concentração: Formação Docente Interdisciplinar.

Orientadora:
Prof.ª Dr.ª Marcia Regina Royer
Coorientadora:
Prof.ª Dr.ª Caroline Oenning de Oliveira

PARANAVAÍ

2025

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Bibliotecas da UNESPAR e Núcleo de Tecnologia de Informação da UNESPAR, com Créditos para o ICMC/USP e dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Souza, Eloiny Fernanda de
USO DE LABORATÓRIOS VIRTUAIS NO ENSINO DE DIVISÃO CELULAR NA PERSPECTIVA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA / Eloiny Fernanda de Souza. -- Paranavaí-PR,2025.
163 f.

Orientador: Profa. Dra. Marcia Regina Royer.
Coorientador: Profa. Dra. Caroline Oenning de Oliveira.
Dissertação (Mestrado - Programa de Pós-Graduação Mestrado Acadêmico em Ensino: "Formação Docente Interdisciplinar") -- Universidade Estadual do Paraná, 2025.

1. Ensino de Biologia. 2. Simulações. 3. Ensino Médio. I - Royer, Profa. Dra. Marcia Regina (orient). II - Oliveira, Profa. Dra. Caroline Oenning de (coorient). III - Título.

ELOINY FERNANDA DE SOUZA

USO DE LABORATÓRIOS VIRTUAIS NO ENSINO DE DIVISÃO CELULAR NA PERSPECTIVA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

BANCA EXAMINADORA

Prof.ª Dr.ª Marcia Regina Royer (Orientadora) – Unespar/Paranavaí.

Prof.ª Dr.ª Caroline Oenning de Oliveira (Coorientadora) - Unespar/Paranavaí.

Prof.ª Dr.ª Zélia Ferreira Caçador Anastácio - Universidade do Minho/Braga-Portugal.

Prof. Dr. Carlos Alberto de Oliveira Magalhães Júnior - UEM/Maringá.

Data de Aprovação: 24/03/2025

Dedico este trabalho à minha mãe, Elenita, cuja presença tem sido minha maior força, inspiração e alicerce em todos os momentos da vida. Sua dedicação, sabedoria e apoio incondicional me moldaram e contribuíram para alcançar este momento tão significativo. Ser sua filha é, para mim, um motivo de profundo orgulho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus, pela dádiva da vida, pela força que me sustentou nos momentos mais desafiadores e pelas vitórias incontáveis que me guiaram até aqui.

À minha mãe, Elenita, dedico minha mais profunda gratidão. Seu amor incondicional, sua dedicação incansável e seu exemplo de coragem foram o alicerce que me sustentou. Obrigada por sempre acreditar em mim, por me incentivar a seguir em frente e por nunca permitir que eu desistisse, mesmo diante das dificuldades.

Meu agradecimento especial e afetuoso à minha orientadora, Profa. Dra. Marcia Regina Royer e minha coorientadora Profa. Dra Caroline Oenning de Oliveira. Vossas orientações atentas, sensíveis e competentes foram essenciais para a construção deste trabalho. Cada observação, cada detalhe e cada correção cuidadosa representaram não apenas uma contribuição acadêmica, mas também um aprendizado humano e inspirador.

Aos membros da banca examinadora, Profa Dra. Zélia Ferreira Caçador Anastácio e Prof. Dr. Carlos Alberto de Oliveira Magalhães Júnior, manifesto minha profunda gratidão. Suas análises criteriosas e sugestões enriquecedoras foram fundamentais para aprimorar este estudo, elevando sua qualidade e rigor.

Agradeço também aos professores e colegas do Programa de Pós-Graduação PPIFOR, cuja convivência, apoio e compartilhamento de saberes fizeram esta jornada mais significativa e produtiva. Cada conversa, ensino e momento partilhado deixaram marcas preciosas na minha formação acadêmica e pessoal.

Por fim, estendo minha gratidão a todos que, de alguma forma, desenvolveram para que esta etapa fosse possível. Suas presenças e gestos de apoio foram fundamentais para que eu alcançasse esse objetivo tão especial.

“Se eu tivesse que reduzir toda a psicologia educacional a um único princípio, diria o seguinte: o fator mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aluno já sabe. Descubra isso e ensine-o de acordo”.

(David Ausubel)

SOUZA, Eloiny Fernanda de. **Uso De Laboratórios Virtuais no Ensino de Divisão Celular na Perspectiva da Aprendizagem Significativa**. (163 f.) Dissertação (Mestrado em Ensino) – Universidade Estadual do Paraná – *Campus* de Paranavaí. Orientadora: Marcia Regina Royer; Coorientadora: Caroline Oenning de Oliveira. Paranavaí, 2025.

RESUMO

O ensino da divisão celular apresenta alguns desafios significativos devido à sua natureza abstrata, tornando-se um obstáculo para a compreensão por parte dos estudantes. Em um cenário educacional que está em constante evolução devido aos avanços científicos e tecnológicos, é pertinente adotar estratégias pedagógicas inovadoras e contemporâneas para oferecer uma formação de qualidade que atenda às necessidades atuais. Com base na Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) de David Ausubel, esta pesquisa teve como objetivo elaborar e implementar uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) utilizando Laboratórios Virtuais de Aprendizagem (LVAs), que integram animações e simulações, com o intuito de investigar sua contribuição para a Aprendizagem Significativa (AS) no ensino da divisão celular, focando especialmente nos processos de mitose e meiose. Trata-se de uma pesquisa qualitativa, de caráter exploratório, cujos procedimentos a caracterizam como uma observação participante. A implementação ocorreu em uma escola estadual de Paranavaí, Paraná, envolvendo 27 alunos do 1º ano do Novo Ensino Médio na disciplina de Biologia. A coleta de dados foi realizada por meio de questionários pré e pós-teste, gravações em áudio, diário de campo e análise de mapas conceituais iniciais e finais. A análise dos dados foi conduzida com base nos princípios da análise de conteúdo de Bardin, garantindo uma interpretação meticulosa e detalhada dos achados. Os resultados da pesquisa indicaram que, embora a implementação da UEPS demandasse um tempo mais prolongado em comparação às abordagens tradicionais, os materiais utilizados se mostraram potencialmente significativos. Estes materiais conseguiram estabelecer conexões relevantes e apropriadas com os conhecimentos prévios dos estudantes, evidenciando mudanças cognitivas significativas. Observou-se a presença dos princípios da Diferenciação Progressiva e da Reconciliação Integrativa, que são centrais para a AS. Ademais, 37% dos alunos demonstraram uma assimilação de novos significados relacionados à divisão celular, enquanto 59% foram capazes de explicar os conteúdos adquiridos e 74% aplicaram os conhecimentos em novos contextos, mostrando uma compreensão aprofundada e aplicável dos conceitos ensinados. Tais resultados reforçam a eficácia da abordagem implementada e sugerem sua adoção por professores de Biologia que desejam promover uma aprendizagem mais significativa e contextualizada, favorecendo não apenas a memorização, mas a compreensão real e a aplicação dos conteúdos.

Palavras-chave: Ensino de Biologia; Simulações; Ensino Médio.

SOUZA, Eloiny Fernanda de**. The Use Of Virtual Laboratories In Teaching Cell Division From The Perspective Of Meaningful Learning**. (163 f.). Dissertation (Master in Teaching) - State University of Paraná – Campus of Paranavaí. Advisora: Marcia Regina Royer. Cosupervisora: Caroline Oenning de Oliveira. Paranavaí, 2025.

ABSTRACT

The teaching of cell division presents significant challenges due to its abstract nature, making it difficult for students to understand. In a constantly evolving educational landscape driven by scientific and technological advancements, adopting innovative and contemporary pedagogical strategies is essential to ensuring high-quality education that meets current needs. Based on David Ausubel's Theory of Meaningful Learning (TML), this research aimed to develop and implement a Potentially Meaningful Teaching Unit (PMTU) using Virtual Learning Laboratories (VLLs), integrating animations and simulations to investigate their contribution to Meaningful Learning (ML) in teaching cell division, particularly mitosis and meiosis. This qualitative, exploratory study, characterized by participant observation, was conducted in a public high school in Paranavaí, Paraná, involving 27 first-year students of the New High School model in Biology. Data collection included pre- and post-test questionnaires, audio recordings, field diaries, and the analysis of initial and final concept maps, with Bardin's content analysis guiding the data interpretation. The findings indicated that, while implementing the PMTU required more time than traditional approaches, the materials used proved to be potentially meaningful by establishing relevant connections with students' prior knowledge, leading to significant cognitive changes. The principles of Progressive Differentiation and Integrative Reconciliation, fundamental to ML, were evident, with 37% of students assimilating new meanings related to cell division, 59% explaining the acquired content, and 74% applying their knowledge in new contexts, demonstrating deep and applicable understanding. These results highlight the effectiveness of this approach and suggest its adoption by Biology teachers aiming to foster meaningful and contextualized learning, promoting not only memorization but also real comprehension and application of knowledge.

Keywords: Biology Teaching; Simulations; High School.

LISTA DE SIGLAS E ACRÔNIMOS

TAS - Teoria da Aprendizagem Significativa

AS - Aprendizagem Significativa

LVAs - Laboratórios Virtuais de Aprendizagem

UEPS - Unidade de Ensino Potencialmente Significativa

NEM - Novo Ensino Médio

LDB - Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional

BNCC - Base Nacional Comum Curricular

EM - Ensino Médio

EB - Educação Básica

FGB - Formação Geral Básica

IF - Itinerários Formativos

CONSED - Conselho Nacional de Secretários de Educação

UNDIME - União dos Dirigentes Municipais de Educação

SEED/PR - Secretaria de Estado da Educação do Paraná

CEE/PR - Conselho Estadual de Educação do Paraná

UNDIME/PR - União Nacional dos Dirigentes Municipais de Educação do Paraná

UNCME/PR - União Nacional dos Conselhos Municipais de Educação do Paraná

CNT - Ciências da Natureza e suas Tecnologias

EF - Ensino Fundamental

DC - Divisão Celular

CMCG - Conceito molecular clássico de gene

CTS - Ciência, Tecnologia e Sociedade

DNA – Ácido Desoxirribonucleico

EC - Estrutura Cognitiva

EUA - Estados Unidos da América

AM - Aprendizagem Mecânica

AR - Aprendizagem Receptiva

AD - Aprendizagem por Descoberta

MCs - Mapas Conceituais

TICs - Tecnologias de Informação e Comunicação

LAs - Laboratórios de Aprendizagem

LVs - Laboratórios Virtuais

PPP - Projeto Político Pedagógico

CEP - Comitê de Ética em Pesquisa

UNESPAR - Universidade Estadual do Paraná

CAAE - Certificado de Apresentação para Apreciação Ética

TALE - Termo de Assentimento Livre e Esclarecido

TCLE - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

PCN - Parâmetros Curriculares Nacionais

MCAs – Mapas conceituais iniciais

MCBs - Mapas conceituais finais

TDIC - Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Representação da organização das seções nesta dissertação 20
Figura 2 - Esquema simplificado dos estágios do ciclo celular 32
Figura 3 - Esquema ilustrativo e descritivo dos estágios da mitose nos núcleos das células da ponta da raiz do *Lilium regale* 33
Figura 4 - No ciclo celular normal, a divisão da célula pode ser interrompida nos chamados 'pontos de checagem' do processo 37
Figura 5 - Caminhos nos quais uma célula pode seguir durante seu ciclo celular 38
Figura 6 - Visão esquemática do contínuo aprendizagem significativa-aprendizagem mecânica 48
Figura 7 - Interdependência e Simultaneidade da Diferenciação Progressiva e Reconciliação Integradora na Estrutura Cognitiva e Ensino 56
Figura 8 - Estruturas típicas dos Mapas Conceituais: a) radial, b) linear e c) rede.....65
Figura 9 - *Menu* inicial do aplicativo Simbio 76
Figura 10 - Desenvolvimento de uma análise segundo Bardin 93
Figura 11 - Discentes assistindo ao vídeo “Entenda a Divisão Celular” 97
Figura 12 - Estudantes em grupo elaborando os Mapas conceituais iniciais 98
Figura 13 - Resultado do questionário pré-teste 100
Figura 14 - Mapa Conceitual inicial do grupo 1 102
Figura 15 - Mapa Conceitual inicial do grupo 2 103
Figura 16 - Mapa Conceitual inicial do grupo 3 104
Figura 17 - Mapa Conceitual inicial do grupo 4 105
Figura 18 - Mapa Conceitual inicial do grupo 5 105
Figura 19 - Mapa Conceitual inicial do grupo 6 106
Figura 20 - Mapa conceitual final do grupo 1 108
Figura 21 - Mapa conceitual final do grupo 2 109
Figura 22 - Mapa conceitual final do grupo 3 111
Figura 23 - Mapa conceitual final do grupo 4 111
Figura 24 - Mapa conceitual final do grupo 5 113
Figura 25 - Mapa conceitual final do grupo 6 114

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Obstáculos ao Ensino e à Aprendizagem de Genética 30
Quadro 2 - Sequência em oito passos da UEPS 61
Quadro 3 - Horário das Aulas Semanais de Biologia na 1º série C 84
Quadro 4 - UEPS sobre Divisão Celular 86
Quadro 5 – Resumo do Método de Análise dos Dados.....94
Quadro 6 - Comparativo das relações significativas nos Mapas Conceituais iniciais e finais 116
Quadro 7 - Resultados do questionário pós-teste 120

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO 16
1 O NOVO CENÁRIO DO ENSINO MÉDIO BRASILEIRO 21
1.1 REFLEXÕES SOBRE O CAMPO DAS CIÊNCIAS DA NATUREZA E SUAS TECNOLOGIAS 26
1.2 O ENSINO DE DIVISÃO CELULAR 28
1.2.1 Divisão Celular: Uma Visão Geral 30
1.2.2 O Câncer e a Divisão Celular 35
2 A TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA NO ENSINO DE BIOLOGIA 40
2.1 EXPLORANDO A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA: A VISÃO DE AUSUBEL 42
2.1.1A Jornada de David Ausubel: Contexto Pessoal e Impacto na Educação 44
2.1.2 Categorias de ensino e aprendizagem em contexto escolar 46
2.1.3 Formas e Tipos de Aprendizagem Significativa 50
2.1.4 Expansões de Moreira na Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel 52
2.1.5 A Dinâmica da Aprendizagem Significativa 55
2.1.6 Condições para uma Aprendizagem Eficaz 57
2.2 UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA 59
2.2.1 Avaliação Somativa e Formativa: O papel dos Mapas Conceituais 63
3 LABORÁTÓRIOS DE APRENDIZAGEM 666
3.1 LABORATÓRIOS DE APRENDIZAGEM: UM PANORAMA 67
3.1.1 Tipos de Laboratórios de Aprendizagem 69
3.1.2 Laboratório convencional e laboratório com atividades investigativas 71
3.1.3 Laboratórios Virtuais de Aprendizagem 73
3.1.4 SimBio: Ferramenta Virtual para o Ensino de Divisão Celular 75
4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS 80
4.1 ASPECTOS GERAIS DA PESQUISA 80
4.2 LEVANTAMENTO E CONSTITUIÇÃO DOS DADOS 85
4.3 ANÁLISE DOS DADOS 90
5 RESUTADOS E DISCUSSÃO 96
5.1 MATERIAIS POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVOS 96

5.2 RESULTADOS DA IDENTIFICAÇÃO DOS CONHECIMENTOS PRÉVIOS 99
5.3 AVALIAÇÃO DOS MAPAS CONCEITUAIS INICIAIS 101
5.4 AVALIAÇÃO DOS MAPAS CONCEITUAIS FINAIS.....1077
5.5 COMPARATIVO DOS RESULTADOS DOS MAPAS CONCEITUAIS INICIAIS E FINAIS.....1155
5.6 AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS DO QUESTIONÁRIO PÓS-TESTE 1199
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....1255
REFERÊNCIAS.....1277
APÊNDICES 1355
ANEXOS 1500

INTRODUÇÃO

A análise de Coll (2008) revela que a Sociedade da Informação surge como um novo e abrangente contexto social, econômico, político e cultural, impulsionado pelos avanços tecnológicos desde meados do século XX. Nesse cenário, o advento do computador desempenha um papel central na revolução da informação, seguido pela ascensão da *internet*, que se consolidou como o principal canal para comunicações e acesso instantâneo a informações de todos os tipos, conforme destacado por Vieira e Castanho (2008). A introdução dessas ferramentas tecnológicas revolucionárias impactou significativamente as formas de interação e disseminação do conhecimento, além de evidenciar tanto as oportunidades quanto os desafios impostos pela era da informação. A facilidade de acesso à informação, por exemplo, trouxe grandes avanços, mas, ao mesmo tempo, criou um novo desafio: a transformação dessa abundância de dados em conhecimento significativo. Isso é ressaltado por Coll e Monereo (2010), que afirmam que, apesar da grande quantidade de informações disponíveis, a conversão dessas em conhecimento relevante continua a ser um desafio fundamental.

Dentro desse novo cenário, a prática pedagógica necessita se adaptar, levando em consideração estratégias e instrumentos de ensino que sejam potencialmente significativos. Ou seja, é imprescindível que o ensino seja estruturado de maneira a possibilitar que o aprendiz consiga atribuir significado ao novo conhecimento, o que depende diretamente da identificação de sua estrutura cognitiva preexistente. Nesse contexto, a Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS), desenvolvida por David Paul Ausubel (1968), oferece valiosas contribuições. Essa teoria compreende a aprendizagem como um processo dinâmico e estruturado, em que o aprendiz constrói novos conhecimentos a partir dos conceitos existentes em sua estrutura cognitiva. A TAS é uma abordagem cognitiva que tem como principal foco a Aprendizagem Significativa (AS), entendida como a “aquisição de novos conhecimentos com significado, compreensão, criticidade e possibilidades de aplicação desses conhecimentos em explicações, argumentações e soluções de situações-problema, inclusive novas situações” (Masini; Moreira, 2017, p. 19).

A partir dessa compreensão, surge a necessidade de reflexão sobre a prática docente e a importância de o educador considerar a usabilidade de métodos e instrumentos pedagógicos que facilitem o processo de ensino-aprendizagem,

potencializando a integração dos conhecimentos, os sujeitos da educação e a realidade cotidiana. Dessa forma, é essencial que se invista no aprimoramento contínuo das práticas pedagógicas, buscando recursos que não apenas ofereçam novas formas de ensinar, mas que proporcionem um enriquecimento real no processo de apropriação do conhecimento por parte dos alunos. Esse aprimoramento busca não apenas a inovação na prática pedagógica, mas também a promoção de uma aprendizagem que seja efetiva e significativa para os estudantes.

Nessa perspectiva, independentemente da geração, é necessário que os profissionais da educação aprimorem constantemente suas abordagens e metodologias pedagógicas. Isso permite que os métodos de ensino se adequem às novas demandas sociais, culturais e tecnológicas, contribuindo para o avanço contínuo do processo de ensino. A elaboração de propostas inovadoras para o ensino-aprendizagem se insere nesse movimento de transformação, como a proposta apresentada neste estudo, que busca integrar novas metodologias ao contexto educacional.

A necessidade de experimentar novas metodologias e recursos didático-pedagógicos inovadores é uma constante no cenário educacional atual. Essas metodologias devem estimular o estudante a construir seu próprio conhecimento, permitindo que ele se torne um sujeito ativo nesse processo de aprendizagem. Essa abordagem não só favorece o desenvolvimento intelectual do discente de maneira construtiva e significativa, como também coloca o educador no papel fundamental de mediador do aprendizado, facilitando a descoberta e a construção do conhecimento de forma colaborativa e interativa.

Assim, o ensino precisa ser desafiador, estimulante e motivador. O educador deve criar um ambiente propício ao desenvolvimento de habilidades críticas, reflexivas e investigativas nos educandos. Ao desafiar os estudantes a questionarem, refletirem e buscarem respostas para suas próprias dúvidas, promove-se o desenvolvimento de competências e habilidades fundamentais para sua formação como seres sociais e historicamente construídos. Esse processo é especialmente importante no contexto de disciplinas como a Biologia, que envolvem conceitos complexos e abstratos, como o processo de Divisão Celular. Nesse contexto, a utilização de recursos didáticos inovadores, como animações e simuladores virtuais, pode ser uma estratégia eficaz para superar as dificuldades naturais de aprendizado dos alunos.

A complexidade e a abstração do conteúdo de Divisão Celular, muitas vezes, geram desafios para os estudantes. Contudo, o uso de recursos didáticos como animações e simuladores pode mitigar essas dificuldades, tornando o conteúdo mais acessível e compreensível. De acordo com Zara (2011), os simuladores virtuais funcionam como verdadeiros Laboratórios Virtuais de Aprendizagem (LVAs), sendo úteis, especialmente em escolas que não dispõem de laboratórios adequados ou em situações em que as práticas experimentais acontecem de maneira muito lenta ou rápida, dificultando a realização de experimentos nos ambientes escolares tradicionais. Os simuladores permitem que os discentes interajam com os conceitos de forma mais dinâmica e visual, proporcionando uma experiência de aprendizado mais imersiva e eficiente.

Além disso, Araújo e Abib (2003) destacam que atividades experimentais são relevantes para a participação ativa dos estudantes. Elas despertam a curiosidade, o interesse e a motivação dos alunos, além de serem essenciais para a construção do conhecimento e o desenvolvimento de habilidades científicas. A realização de experimentos, mesmo em ambiente virtual, permite que os alunos compreendam os processos de maneira mais profunda, aplicando conceitos teóricos de forma prática e significativa. Isso contribui para o desenvolvimento de habilidades cognitivas, como a análise crítica, a resolução de problemas e a tomada de decisões.

O ensino da Divisão Celular, especificamente os processos de mitose e meiose, é uma das áreas mais complexas no contexto do Ensino Médio, frequentemente dificultando a compreensão dos alunos. Nesse cenário, os LVAs, como ferramentas pedagógicas que utilizam animações e simulações, surgem como alternativas promissoras para potencializar o ensino e promover uma compreensão mais profunda e significativa dos processos biológicos. Nesse sentido, questiona-se: Quais as contribuições da utilização dos Laboratórios Virtuais de Aprendizagem (LVAs) para o processo de ensino e aprendizagem de Divisão Celular no Ensino Médio, a partir de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS)? Partindo dessa questão, levanta-se a hipótese de que o uso dos LVAs aliados a uma UEPS pode contribuir para aprimorar o ensino da Divisão Celular no Ensino Médio, já que ambientes interativos tendem a favorecer a compreensão dos conceitos, promover uma aprendizagem significativa e aumentar o engajamento dos alunos ao conectar teoria e prática.

Neste contexto, a pesquisa proposta visa elaborar e implementar uma Unidade

de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) utilizando Laboratórios Virtuais de Aprendizagem (LVAs), que integram animações e simulações, com o intuito de investigar sua contribuição para a Aprendizagem Significativa (AS) no ensino da divisão celular, focando especialmente nos processos de mitose e meiose. E, como objetivos específicos, averiguar se há evidências de diferenciação progressiva e/ou reconciliação integrativa identificar se a aplicação de LVAs potencializam o processo de ensino-aprendizagem em relação ao conteúdo de Divisão Celular e; examinar se os materiais utilizados na sequência didática foram potencialmente significativos para o ensino e aprendizagem da divisão celular.

Esta dissertação está organizada em diferentes seções, cada uma abordando aspectos essenciais para a compreensão do estudo.

A Seção 1 contextualiza o Novo Ensino Médio (NEM), fundamentando-se na legislação pertinente, incluindo a Constituição Federal, a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB), a Reforma do Ensino Médio e a Base Nacional Comum Curricular (BNCC). Também são discutidos os desafios e a relevância da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias para a formação do indivíduo, destacando-se as dificuldades do ensino-aprendizagem sobre o conteúdo de Divisão Celular e a relação desses conceitos com temas como o câncer.

Na Seção 2, a Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) é apresentada como uma base para o ensino-aprendizagem no contexto das Ciências da Natureza e suas Tecnologias, com ênfase nas ideias de David Ausubel. São discutidos o contexto de vida e as motivações desse autor, as categorias de aprendizagem no ambiente escolar, as diferentes formas de Aprendizagem Significativa (AS), sua dinâmica, as condições e os processos cognitivos necessários para que a AS ocorra. Esta seção também aborda os princípios da Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) e o uso de mapas conceituais como ferramenta de avaliação.

A Seção 3 oferece uma visão geral sobre os Laboratórios de Aprendizagem, diferenciando os tipos existentes, incluindo a distinção entre laboratórios convencionais e aqueles com atividades investigativas. É dado destaque ao laboratório virtual, com uma descrição detalhada do laboratório utilizado nesta dissertação.

Na Seção 4, são detalhados os procedimentos metodológicos adotados na pesquisa, caracterizando o espaço, os sujeitos envolvidos e a metodologia utilizada, além da descrição da UEPS implementada.

A Seção 5 apresenta os resultados da implementação da UEPS e realiza uma análise detalhada dos dados coletados por meio dos instrumentos de pesquisa.

Por fim, a dissertação é concluída com as considerações finais, que alinham o problema de pesquisa, os objetivos estabelecidos, a metodologia adotada e os resultados obtidos, oferecendo uma reflexão sobre a contribuição do estudo.

Para facilitar a compreensão da estrutura da pesquisa, uma representação gráfica da distribuição das seções foi incluída na Figura 1.

Figura 1. Representação da organização das seções nesta dissertação

Fonte: elaborado pela autora, 2024.

1 O NOVO CENÁRIO DO ENSINO MÉDIO BRASILEIRO

A constituição Federal de 1988 do Brasil, estabelece a Educação como um direito inalienável de todos e um dever compartilhado entre o Estado e a família. Deve ser promovida e incentivada com a participação ativa da sociedade, com o propósito fundamental de assegurar o pleno desenvolvimento da pessoa, sua preparação para o exercício da cidadania e sua capacitação para o mercado de trabalho. Além disso, a Constituição estabeleceu as bases para a criação da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB), Lei nº 9.394/96, que, em seu Art. 21, regula a estruturação dos níveis educacionais, abrangendo a Educação Básica (compreendendo a Educação Infantil, o Ensino Fundamental e o Ensino Médio) e a Educação Superior.

O Ensino Médio (EM), última etapa da Educação Básica (EB), possui como finalidades:

> I - a consolidação e o aprofundamento dos conhecimentos adquiridos no ensino fundamental, possibilitando o prosseguimento de estudos;
> II - a preparação básica para o trabalho e a cidadania do educando, para continuar aprendendo, de modo a ser capaz de se adaptar com flexibilidade a novas condições de ocupação ou aperfeiçoamento posteriores;
> III - o aprimoramento do educando como pessoa humana, incluindo a formação ética e o desenvolvimento da autonomia intelectual e do pensamento crítico;
> IV - a compreensão dos fundamentos científico-tecnológicos dos processos produtivos, relacionando a teoria com a prática, no ensino de cada disciplina. (Art. 35, Lei nº 9.394/96) (Brasil, 1996).

Nestes termos, o EM se configura como uma etapa crucial na jornada educacional de um indivíduo, marcando o ponto de transição entre a educação fundamental e as perspectivas futuras de formação acadêmica ou inserção no mercado de trabalho. Nessa etapa, os alunos são desafiados a consolidar e aprofundar os conhecimentos adquiridos ao longo do ensino fundamental, ao mesmo tempo em que são preparados para os desafios da vida adulta.

O Art. 36 da LDB trata do currículo do EM, no qual à Base Nacional Comum Curricular (BNCC) e os itinerários formativos são estruturados. A BNCC estabelece diretrizes que orientam o ensino das áreas essenciais, enquanto os itinerários formativos são oferecidos gratuitamente para que o estudante possa se aprofundar em campos de seu interesse ou optar por uma formação técnica. Essa estrutura visa promover uma educação mais alinhada com as diferentes vocações e necessidades dos discentes, ao mesmo tempo em que garante uma base comum de conhecimentos.

Além disso, a BNCC, é um documento normativo da área educacional

brasileira, que busca desempenhar um papel significativo na definição de um conjunto coeso e progressivo de aprendizagens essenciais para todos os alunos ao longo das diversas etapas e modalidades da Educação Básica (EB), empenhada a assegurar seus direitos de aprendizagem e desenvolvimento. Dentro desse contexto educacional, as aprendizagens essenciais têm como objetivo principal promover o desenvolvimento integral dos estudantes, pautando-se em dez competências gerais que fundamentam as práticas pedagógicas e orientam o progresso e a formação plena dos discentes.

Segundo a BNCC (Brasil, 2018), as dez competências gerais são:

> 1. Valorizar e utilizar os conhecimentos historicamente construídos sobre o mundo físico, social, cultural e digital para entender e explicar a realidade, continuar aprendendo e colaborar para a construção de uma sociedade justa, democrática e inclusiva.
> 2. Exercitar a curiosidade intelectual e recorrer à abordagem própria das ciências, incluindo a investigação, a reflexão, a análise crítica, a imaginação e a criatividade, para investigar causas, elaborar e testar hipóteses, formular e resolver problemas e criar soluções (inclusive tecnológicas) com base nos conhecimentos das diferentes áreas.
> 3. Valorizar e fruir as diversas manifestações artísticas e culturais, das locais às mundiais, e também participar de práticas diversificadas da produção artístico-cultural.
> 4. Utilizar diferentes linguagens – verbal (oral ou visual-motora, como Libras, e escrita), corporal, visual, sonora e digital –, bem como conhecimentos das linguagens artística, matemática e científica, para se expressar e partilhar informações, experiências, ideias e sentimentos em diferentes contextos e produzir sentidos que levem ao entendimento mútuo.
> 5. Compreender, utilizar e criar tecnologias digitais de informação e comunicação de forma crítica, significativa, reflexiva e ética nas diversas práticas sociais (incluindo as escolares) para se comunicar, acessar e disseminar informações, produzir conhecimentos, resolver problemas e exercer protagonismo e autoria na vida pessoal e coletiva.
> 6. Valorizar a diversidade de saberes e vivências culturais e apropriar-se de conhecimentos e experiências que lhe possibilitem entender as relações próprias do mundo do trabalho e fazer escolhas alinhadas ao exercício da cidadania e ao seu projeto de vida, com liberdade, autonomia, consciência crítica e responsabilidade.
> 7. Argumentar com base em fatos, dados e informações confiáveis, para formular, negociar e defender ideias, pontos de vista e decisões comuns que respeitem e promovam os direitos humanos, a consciência socioambiental e o consumo responsável em âmbito local, regional e global, com posicionamento ético em relação ao cuidado de si mesmo, dos outros e do planeta.
> 8. Conhecer-se, apreciar-se e cuidar de sua saúde física e emocional, compreendendo-se na diversidade humana e reconhecendo suas emoções e as dos outros, com autocrítica e capacidade para lidar com elas.
> 9. Exercitar a empatia, o diálogo, a resolução de conflitos e a cooperação, fazendo-se respeitar e promovendo o respeito ao outro e aos direitos humanos, com acolhimento e valorização da diversidade de indivíduos e de grupos sociais, seus saberes, identidades, culturas e potencialidades, sem preconceitos de qualquer natureza.
> 10. Agir pessoal e coletivamente com autonomia, responsabilidade, flexibilidade, resiliência e determinação, tomando decisões com base em

> princípios éticos, democráticos, inclusivos, sustentáveis e solidários (Brasil, 2018, p. 9).

É pertinente compreender que uma competência é mais do que apenas conhecimento teórico; ela abrange a capacidade de mobilizar conhecimentos, habilidades práticas, cognitivas e socioemocionais, bem como atitudes e valores, para resolver demandas complexas do cotidiano, exercer a cidadania de forma plena e se integrar efetivamente no mundo profissional (Brasil, 2018).

As competências gerais delineadas na BNCC não apenas orientam as aprendizagens essenciais, mas também direcionam os itinerários formativos do Novo Ensino Médio (NEM). Esses itinerários são estratégias importantes para a flexibilização da estrutura curricular, proporcionando aos estudantes uma variedade de opções de escolha. Eles podem ser organizados com ênfase em uma área específica do conhecimento, na preparação técnica e profissional ou na integração de competências e habilidades de diversas áreas.

A implementação das diretrizes do NEM ocorreu de forma gradual, conforme previsto, com a carga horária total de 3.000 horas, sendo 1.800 horas previstas para a Formação Geral Básica (FGB) e 1.200 horas para Itinerários Formativos (IF). Essa estrutura foi justificada como uma forma de estar mais alinhada às demandas e aspirações individuais dos estudantes, tornando-os de maneira mais eficazes para os desafios do século XXI. No entanto, na prática, essa organização foi amplamente criticada, especialmente pelos próprios estudantes, que apontaram a fragmentação e a privação do ensino como fatores que representam um défice significativo para a EB. Esses aspectos, somados ao intenso debate público, culminaram na suspensão do programa para ampliar a discussão sobre sua implementação e impactos, conforme estabelece a Portaria nº 399 (Brasil, 2023).

A FGB representa o cerne do NEM, sendo obrigatória em todo o território nacional e compreendendo 60% da carga horária total. Estruturada em quatro áreas fundamentais de conhecimento - Linguagens e suas tecnologias, Matemática e suas tecnologias, Ciências da natureza e suas tecnologias, e Ciências humanas e sociais aplicadas - a FGB, segundo a BNCC (Brasil, 2018), visa fortalecer e consolidar as bases educacionais adquiridas no ensino fundamental. Cada área propicia o desenvolvimento de competências específicas, essenciais para a formação integral dos estudantes, incentivando a reflexão sobre questões complexas e a busca por soluções criativas e inovadoras (Brasil, 2018).

Por outro lado, os IF constituem a parcela flexível do currículo, oferecendo aos alunos a oportunidade de se aprofundarem em áreas de seu interesse e aptidão. Estipulados pela Reforma do Ensino Médio brasileiro, os IF abrangem cinco áreas distintas: Linguagens e suas tecnologias, Matemática e suas tecnologias, Ciências da natureza e suas tecnologias, Ciências humanas e sociais aplicadas, e Formação técnica e profissional. De acordo com BNCC (Brasil, 2018, p. 478)

> [...] a oferta de diferentes itinerários formativos pelas escolas deve considerar a realidade local, os anseios da comunidade escolar e os recursos físicos, materiais e humanos das redes e instituições escolares de forma a propiciar aos estudantes possibilidades efetivas para construir e desenvolver seus projetos de vida e se integrar de forma consciente e autônoma na vida cidadã e no mundo do trabalho.

Nesse sentido, os itinerários formativos, definidos como um conjunto de possibilidades organizadas para o aprofundamento e diversificação do percurso acadêmico, desempenham um papel crucial no EM, ao proporcionar maior autonomia aos estudantes. Essa flexibilidade permite que eles escolham áreas de conhecimento que dialoguem com seus interesses, habilidades e projetos de vida (Brasil, 2018).

Além disso, os itinerários promovem a personalização da aprendizagem, fortalecendo o protagonismo juvenil e alinhando o ensino às demandas contemporâneas do mercado de trabalho e da sociedade. Eles também ampliam as oportunidades de desenvolvimento das competências previstas no currículo, integrando conhecimentos teóricos e práticos e incentivando a interdisciplinaridade. Por fim, os itinerários formativos aprimorados para tornar a escola mais atraente e significativa para os alunos, conectando a formação acadêmica aos desafios e oportunidades do mundo real.

No contexto do Estado do Paraná, após a BNCC ser homologada pelo Ministério da Educação, tornando-se obrigatória, iniciou-se a elaboração preliminar do "Referencial Curricular do Paraná: Princípios, Direitos e Orientações".

Em um esforço colaborativo, o Ministério da Educação, o Conselho Nacional de Secretários de Educação (CONSED), por meio das Secretarias Estaduais de Educação, e a União dos Dirigentes Municipais de Educação (UNDIME) estabeleceram uma estrutura de governança em cada unidade da federação, com a missão de coordenar a elaboração de documentos curriculares adaptados às realidades de cada território estadual. No Paraná, foi formado um comitê gestor composto pela Secretaria de Estado da Educação do Paraná (SEED/PR), o Conselho

Estadual de Educação do Paraná (CEE/PR), a União Nacional dos Dirigentes Municipais de Educação do Paraná (UNDIME/PR) e a União Nacional dos Conselhos Municipais de Educação do Paraná (UNCME/PR). Essas instituições, representando os sistemas educacionais estaduais e municipais, são responsáveis por executar e normatizar a educação escolar no estado, buscando atender às especificidades locais (Paraná, 2018).

A proposta no Paraná visa a criação de um referencial curricular único, construído em colaboração entre o estado e os municípios. O objetivo principal foi estabelecer direitos de aprendizagem para todos os estudantes do estado, com foco na promoção da equidade e garantir as condições possíveis para a efetivação dessas aprendizagens. Esse compromisso foi formalizado pelo estado e pelos municípios, sendo sua implementação uma responsabilidade compartilhada por todos os profissionais da educação (Paraná, 2018). A versão preliminar do "Referencial Curricular do Paraná: Princípios, Direitos e Orientações" contém a contribuição de 75.366 sugestões, que foram comprovadas e, quando pertinentes, integradas ao documento. Como resultado, foi criada uma consolidação que garante um processo de construção democrática e colaborativa.

Este documento serve como guia para a reorganização dos currículos no estado, incorporando as especificidades locais e complementando as diretrizes da BNCC, ao abordar princípios, direitos e orientações relevantes para a realidade paranaense. O "Referencial Curricular do Paraná: Princípios, Direitos e Orientações", atualmente válido para todo o Sistema Estadual de Educação Básica, abrange as redes estaduais, municipais e privadas de ensino. Ele define os princípios, direitos e objetivos de aprendizagem para a Educação Infantil e o Ensino Fundamental. A versão consolidada foi elaborada por profissionais especializados, comprometidos com a melhoria da educação escolar, e serve como base para a revisão e reorganização dos currículos das instituições de ensino no estado, sendo de responsabilidade de cada rede de ensino a orientação dessa revisão.

Por fim, é importante destacar que o referencial é um documento dinâmico, passível de modificações conforme as transformações históricas e sociais da sociedade paranaense, garantindo que a educação continue a se adaptar às necessidades e desafios do contexto local (Paraná, 2018).

Neste contexto, a seção 1.1 abordará de forma mais aprofundada o campo das Ciências da Natureza e suas Tecnologias (CNT), uma vez que é nesse domínio do

conhecimento que se insere a disciplina de Biologia. Esse campo é essencial para a compreensão dos fenômenos naturais, além de estar intrinsecamente ligado ao desenvolvimento de habilidades científicas e tecnológicas que são fundamentais para a formação crítica dos estudantes.

1.1 REFLEXÕES SOBRE O CAMPO DAS CIÊNCIAS DA NATUREZA E SUAS TECNOLOGIAS

O século XX testemunhou transformações significativas nas Ciências, caracterizadas pela ruptura de concepções prévias sobre a natureza da matéria, o que também levou a uma reavaliação da própria natureza do pensamento científico, destaca Borges (2007).

Na trajetória da Ciência, o progresso e a evolução do conhecimento foram tradicionalmente associados à aplicação de um método científico que valorizava a observação e a indução. Essa abordagem enfatizava a necessidade de seguir regras rígidas na construção do conhecimento científico, contribuindo para o surgimento do positivismo como uma concepção dominante da Ciência (Borges, 2007).

A visão positivista da Ciência, ao longo do tempo, foi questionada, evidenciando que não existem etapas pré-definidas nem neutralidade, seja por parte dos cientistas ou do objeto estudado. A compreensão da Ciência como um empreendimento social e historicamente construído, influenciado pelo contexto cultural e ideológico, revela que ela não é um processo linear e definitivo, mas sim um esforço contínuo de construção e revisão.

Como destacado por Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2011), a Ciência está sempre em evolução, sendo um processo coletivo que envolve tanto continuidades quanto rupturas. Esse entendimento é fundamentado nas ideias de Kuhn (1976), que ressaltou a natureza não linear e revolucionária do avanço científico.

Ao analisarmos a Ciência como resultado da intervenção humana na natureza, impulsionada pela curiosidade sobre o funcionamento do mundo, torna-se evidente que as relações de produção de trabalho, tanto diretas quanto indiretas, estão intrinsecamente ligadas à natureza. Afinal, esta é uma fonte vital para a sobrevivência, tanto nas áreas rurais quanto urbanas (Kuhn, 1976).

Portanto, a discussão sobre Ciência desempenha um papel significativo na formação humana, dado o seu impacto social. É importante ressaltar que, devido aos

seus contextos sociais, à medida que a produção científica avança e suas pesquisas interagem com a natureza e os seres humanos, seus efeitos têm o poder de transformar a realidade, especialmente quando guiados por uma perspectiva humanizadora.

No cenário educacional contemporâneo, as Ciências ocupam uma posição central no desenvolvimento intelectual e na formação cidadã dos estudantes. Essa área do conhecimento não apenas fornece uma compreensão profunda dos fenômenos naturais e tecnológicos que permeiam o mundo, mas também estimula o pensamento crítico, a curiosidade e a investigação.

Deste modo, torna-se imperativo que os indivíduos adquiram habilidades específicas relacionadas a essa área do conhecimento. Isso inclui não apenas o domínio dos conteúdos científicos, mas também a capacidade de compreender e utilizar as linguagens próprias desse campo.

De acordo com a BNCC, “Aprender tais linguagens, por meio dos seus códigos, símbolos, nomenclaturas e gêneros textuais, é parte integrante do processo de letramento científico que todo cidadão deve possuir” (Brasil, 2018, p. 551). Essa competência não apenas facilita a compreensão dos conceitos científicos, mas também permite uma participação mais efetiva na sociedade, promovendo a tomada de decisões informadas e o engajamento crítico com questões científicas e tecnológicas.

Cabe ressaltar que o ensino das Ciências da Natureza transcende a mera transmissão de conteúdos conceituais. Sob essa ótica, a BNCC (2018) da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias (CNT), por meio de uma abordagem integrada das disciplinas de Biologia, Física e Química, define competências e habilidades que visam não apenas ampliar, mas também sistematizar as aprendizagens adquiridas no Ensino Fundamental (EF).

A proposta curricular para esta área propõe um aprofundamento nos temas de matéria e energia, vida e evolução e, terra e universo, capacitando os estudantes a compreenderem questões relacionadas a esses temas e a expressarem suas opiniões embasadas no conhecimento dos conceitos pertinentes. Essa abordagem visa não apenas fornecer conhecimentos, mas também desenvolver habilidades críticas e analíticas nos alunos, preparando-os para enfrentar os desafios complexos do mundo contemporâneo.

Diante desses fundamentos e em consonância com as competências gerais da EB e da área de Ciências da Natureza do Ensino Fundamental, torna-se indispensável que, no Ensino Médio, a área de CNT assegure o desenvolvimento de competências específicas nos estudantes. Para cada uma dessas competências, são subsequentemente delineadas habilidades a serem alcançadas nesta fase educacional, sendo as competências:

> 1. Analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas interações e relações entre matéria e energia, para propor ações individuais e coletivas que aperfeiçoem processos produtivos, minimizem impactos socioambientais e melhorem as condições de vida em âmbito local, regional e global.
> 2. Analisar e utilizar interpretações sobre a dinâmica da Vida, da Terra e do Cosmos para elaborar argumentos, realizar previsões sobre o funcionamento e a evolução dos seres vivos e do Universo, e fundamentar e defender decisões éticas e responsáveis.
> 3. Investigar situações-problema e avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo, utilizando procedimentos e linguagens próprios das Ciências da Natureza, para propor soluções que considerem demandas locais, regionais e/ou globais, e comunicar suas descobertas e conclusões a públicos variados, em diversos contextos e por meio de diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC) (Brasil, 2018, p. 553).

Apesar de reconhecer a importância do ensino por competências, as instituições de ensino ainda privilegiam o paradigma do ensino por transmissão de conhecimentos, que estimula uma aprendizagem mecânica, que segundo Moreira (2013a, p. 15) “é a conhecida decoreba, tão utilizada pelos alunos e tão incentivada na escola”. Sob essa predominância, surgem diversos obstáculos que dificultam a efetiva implementação de mudanças na educação.

Considerando os desafios no ensino de Ciências, no item 1.2, será discutido o ensino da divisão celular, um tema essencial na biologia.

1.2 O ENSINO DE DIVISÃO CELULAR

A genética, área da Biologia, que abrange aspectos relacionados à herança, ao material genético e à sua dinâmica de transmissão, interações e alterações, é amplamente reconhecida como uma das mais importantes e desafiadoras no contexto da Biologia escolar. Ensinar e divulgar conhecimentos sobre genética é, portanto, uma tarefa de grande relevância, mas também de considerável complexidade.

Dentro do campo da Biologia Celular, os processos de Divisão Celular (DC), como a mitose e a meiose, são fundamentais para a transmissão do material genético.

A DC é essencial para a continuidade da vida, pois permite a reprodução, o crescimento e os componentes dos organismos, tanto unicelulares quanto multicelulares. A mitose e a meiose, por exemplo, estão diretamente ligadas à herança genética e à variabilidade genética, sendo processos-chave para o desenvolvimento de organismos. A meiose, em particular, tem grande relevância para o estudo da genética, uma vez que é responsável pela formação de células gaméticas e pela recombinação gênica, processos cruciais para a reprodução sexual. Embora esses processos sejam fundamentais para a compreensão da genética, é importante destacar que a genética, embora esteja intimamente relacionada aos mecanismos de DC, não é o ramo da biologia responsável por estudar os aspectos estruturais e específicos das células. Dessa forma, o estudo detalhado da DC é essencial para uma compreensão aprofundada de temas como o desenvolvimento embrionário, a regeneração de tecidos, a evolução das espécies e a formação de tumores, ressaltando sua importância no currículo escolar.

A grande relevância da temática traz consigo desafios significativos no processo de ensino e aprendizagem. Na literatura sobre o ensino da divisão celular, a maioria das pesquisas se concentram nas dificuldades associadas ao aprendizado e ao ensino da BC. Embora existam estudos sobre a divisão celular, muitos deles não abordam o tema de maneira específica, tratando-o de forma superficial quando o fazem. Em seu trabalho, Bugallo (1995) debate sobre as dificuldades dos estudantes a respeito dos conteúdos da genética, sendo em sua grande maioria atribuídas ao caráter abstrato de seus conceitos.

A partir de uma análise detalhada da bibliografia sobre as CNT, Goldbach e Macedo (2008) identificaram diversos obstáculos que dificultam o processo de ensino e aprendizagem nessa área do conhecimento. Com base nas dificuldades observadas nos estudos existentes, os autores organizaram essas dificuldades em categorias específicas, que podem ser visualizadas no Quadro 1. O estudo, portanto, forneceu uma visão abrangente das principais barreiras enfrentadas tanto por docentes quanto por discentes no ensino das Ciências da Natureza, destacando os desafios que precisam ser superados para uma aprendizagem mais eficaz e significativa nessa área.

Quadro 1. Obstáculos ao Ensino e à Aprendizagem de Genética

Obstáculos	• Problemas nos conceitos básicos de localização dos elementos envolvidos com a herança/material genético;
	• A falta de integração da temática;
	• O excesso de terminologia na “genética escolar”;
	• Dificuldades na resolução de problemas;
	• Barreiras no entendimento molecular e insuficiente problematização da concepção atualmente predominante do conceito molecular clássico de gene (CMCG);
	• Presença insuficiente e inadequada de tópicos da “nova biologia”;
	• Pouca problematização segundo a abordagem que inter-relaciona Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS).

Fonte: Goldbach e Macedo (2008, p. 3).

Os obstáculos discutidos revelam dificuldades significativas no ensino de BC, especialmente quando se trata de conceitos fundamentais como a mitose e meiose. Todavia, essas dificuldades não apenas ocorrem na Biologia Celular, mas também em outras disciplinas como Embriologia, Genética, Biologia Molecular, entre outras. Essas barreiras não só comprometem a compreensão dos estudantes, mas também limitam a capacidade de relacionar esses conhecimentos a contextos mais amplos e complexos. Por exemplo, a conexão entre esses processos celulares e o câncer é um tema que merece maior atenção, pois pode oferecer uma abordagem mais integrada e significativa no ensino de biologia.

1.2.1 Divisão Celular: Uma Visão Geral

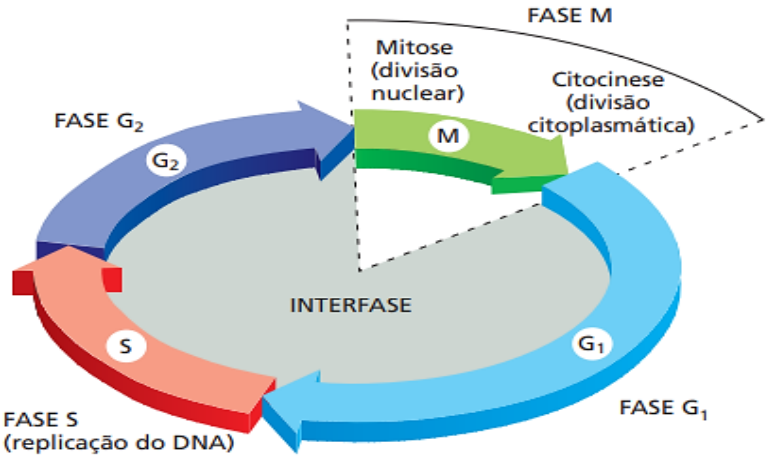
A célula é a unidade básica dos seres vivos, podendo ser isolada em organismos unicelulares ou organizando-se em estruturas complexas nos seres multicelulares. O crescimento e a reprodução são características essenciais de todas as células, que têm um ciclo de vida relativamente curto. Esse ciclo pode terminar de duas maneiras: pela morte da célula (necrose ou apoptose) ou pela sua divisão, dando origem a novas células. Todo o período de vida da célula, desde o seu surgimento até sua morte ou divisão, é conhecido como Ciclo Celular. Este é regido por uma série de mecanismos regulatórios, que permitem o seu funcionamento correto (Alberts *et al*., 2017).

De maneira didática, o ciclo celular pode ser dividido em dois estágios: a Interfase, composta pelos estágios G1, S e G2 conforme representação acima, e a divisão celular (estágio M), sendo esta o foco principal da nossa pesquisa e a qual buscaremos entender um pouco mais.

A maioria das células do nosso corpo, denominadas células somáticas, se reproduzem por meio de um processo de divisão equacional conhecido como mitose, que resulta na formação de duas células geneticamente idênticas à célula original. Por outro lado, as células germinativas, responsáveis pela formação dos gametas, seguem um processo distinto de divisão, chamado meiose, que é reducional e fundamental para garantir a variabilidade genética nas próximas gerações.

A Figura 2 representa um esquema simplificado dos processos de Mitose e Meiose.

Figura 2 - Esquema simplificado dos estágios do ciclo celular

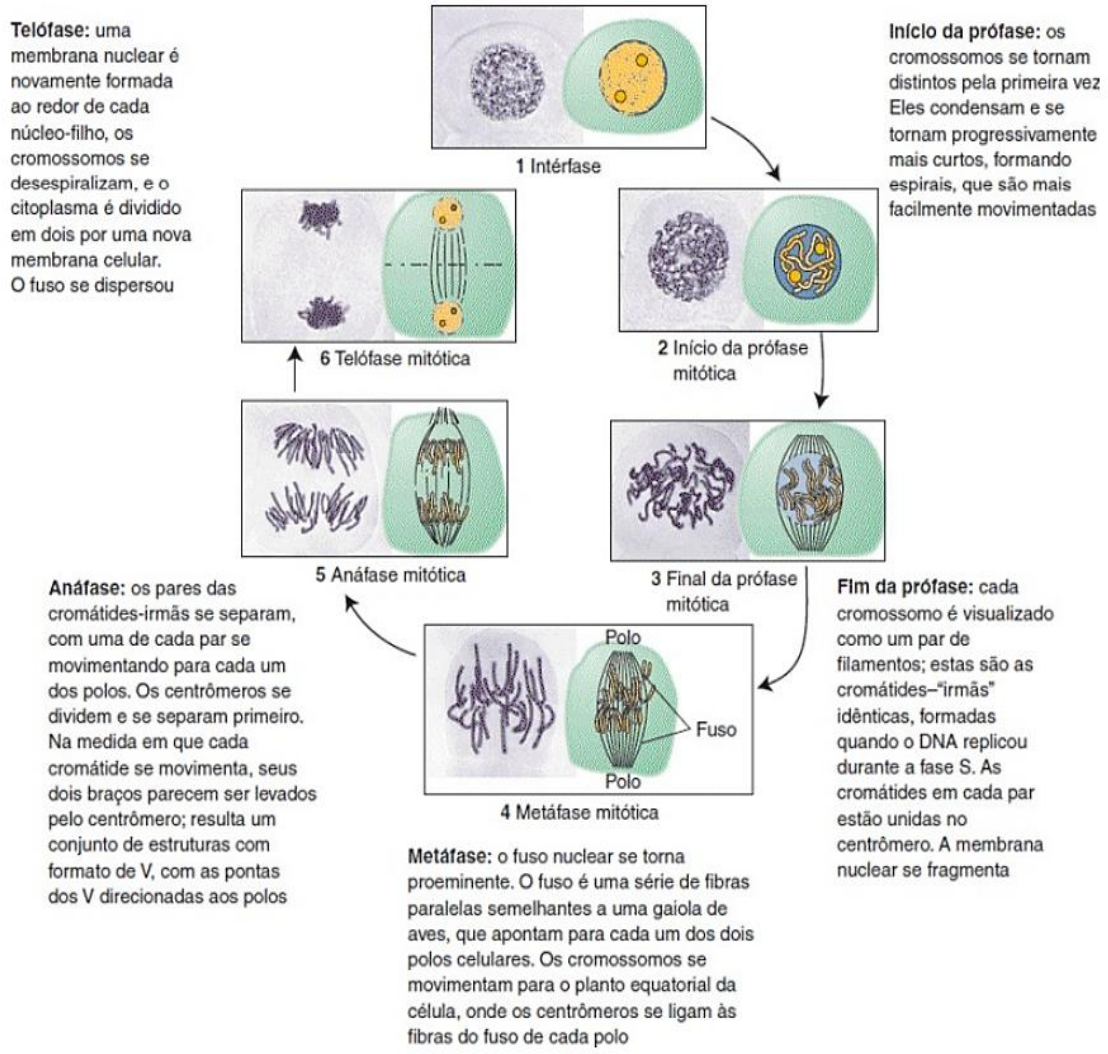


Fonte: Alberts *et al*. (2017, p. 965).

Como elucidado por Junqueira e Carneiro (2012, p. 186,) em seu livro, a divisão celular “inclui essencialmente dois processos: a partilha exata do material nuclear […] e a divisão citoplasmática ou citocinese […]”, sendo amplamente conhecida como Mitose. Esse tipo de divisão ocorre em quase todas as células, exceto nas células germinativas. Embora a mitose seja um processo contínuo, ela é frequentemente dividida em etapas distintas — prófase, metáfase, anáfase e telófase — para facilitar seu estudo e compreensão. Alguns autores consideram uma subetapa chamada de prometáfase, que se inicia logo após a prófase (Alberts *et al*., 2017).

Na Figura 3 temos algumas imagens que retratam os estágios da mitose nos núcleos das células da ponta da raiz do lírio real. Para cada estágio, há uma fotografia à esquerda e uma ilustração interpretativa à direita (Griffiths *et al*., 2016).

Figura 3 – Esquema ilustrativo e descritivo dos estágios da mitose nos núcleos das células da ponta da raiz do *Lilium regale*



Fonte: Griffiths *et al.* (2016, p. 226).

Até agora, vimos que a mitose é um tipo de divisão celular que resulta em duas células-filhas geneticamente idênticas à célula-mãe. Por exemplo, se a célula-mãe for diploide (2n), as células-filhas também serão diploides. No entanto, quando falamos especificamente das células germinativas, localizadas nas gônadas de organismos animais e vegetais que se reproduzem sexuadamente, ocorre um processo de divisão distinto, conhecido como Meiose.

A maioria dos organismos eucarióticos se reproduzem sexualmente, combinando os genomas de dois pais para criar descendentes geneticamente distintos de ambos. Normalmente, as células desses organismos são diploides (2n), contendo duas cópias ligeiramente diferentes de cada cromossomo, uma de cada progenitor. A reprodução sexual acontece graças a um processo especializado de divisão nuclear chamado meiose, no qual gera células haploides (n) com apenas uma cópia de cada cromossomo. Em muitos organismos, essas células haploides se transformam em gametas, como óvulos e espermatozoides (Alberts *et al*., 2017).

Além disso, essa divisão é chamada de reducional, uma vez que reduz o número de cromossomos nas células-filhas. Para que essa redução ocorra, são necessárias duas divisões celulares sucessivas: meiose I e meiose II. Esse processo culmina na formação de quatro células geneticamente distintas entre si e diferentes da célula-mãe, o que garante a diversidade genética e a correta distribuição dos cromossomos.

A seguir, serão apresentadas as etapas de cada uma dessas divisões, com ênfase nas mudanças que ocorrem dentro da célula e o papel crucial de cada fase para a variabilidade genética e a formação de gametas, conforme o livro de Griffiths *et al.* (2016, p. 226):

Prófase I:

1. **Leptóteno:** Nessa fase, os cromossomos tornam-se visíveis como filamentos longos e finos. Eles começam a se contrair, processo que continuará ao longo de toda a prófase.
2. **Zigóteno:** Os cromossomos formam pares, alinhando-se ao longo de seus pares homólogos, em um processo denominado sinapse.
3. **Paquíteno:** Os cromossomos tornam-se mais espessos e ainda em sinapse. Cada par de cromossomos homólogos é composto por dois cromossomos, o que resulta em um feixe de quatro cromossomos homólogos.
4. **Diplóteno:** A replicação do DNA, ocorrida na fase S pré-meiótica, se torna visível. Aqui, cada cromossomo é composto por duas cromátides-irmãs. Os cromossomos homólogos se separam discretamente e formam estruturas denominadas quiasmas, que indicam uma troca de material genético entre cromossomos homólogos.

5. **Diacinese:** A contração cromossômica contínua, tornando os cromossomos mais compactos e maleáveis.

Metáfase I: Nessa fase, a membrana nuclear desaparece, e os cromossomos homólogos se alinham no plano equatorial da célula. Os centrômeros não se dividem, o que é uma diferença importante em relação à mitose. Os dois centrômeros de um par de cromossomos homólogos se ligam às fibras do fuso de polos opostos.

Anáfase I: Os cromossomos homólogos se separam e são puxados para os polos opostos da célula.

Telófase I e Interfase (ou Intercinese): Os cromossomos se alongam e se tornam difusos, a membrana nuclear se reforma e as células se dividem. Em alguns organismos, a telófase I e a intercinese podem ser muito breves ou até ausentes. Importante, não ocorre a síntese de DNA nesta etapa.

Prófase II: Os cromossomos agora estão em seu número haploide, sendo compostos por cromátides-irmãs, e continuam no estado contraído.

Metáfase II: Os pares de cromátides-irmãs se organizam no plano equatorial. A diferenciação entre a metáfase da mitose e a meiose II ocorre quando as cromátides se dissociam parcialmente, em vez de se manterem unidas como na mitose.

Anáfase II: Os centrômeros se dividem e as cromátides-irmãs se separam, sendo puxadas para os polos opostos pela fibra do fuso.

Telófase II: A membrana nuclear se forma novamente ao redor dos cromossomos nos polos opostos da célula, resultando na formação de quatro células haploides.

Essas etapas da meiose, descritas por Griffiths *et al.* (2016, p. 226), são essenciais para a formação de gametas, como os espermatozoides nos animais ou os grãos de pólen nas flores, sendo processos que garantem a variabilidade genética e a perpetuação das espécies.

Durante a Prófase I da Meiose I, ocorre um evento crucial que contribui significativamente para a diversidade genética entre os organismos e, consequentemente, para o processo evolutivo das espécies ao longo do tempo: o *crossing-over*. Esse fenômeno consiste na troca de material genético entre cromossomos homólogos, promovendo a recombinação genética. Segundo Junqueira e Carneiro (2012, p. 201),

> A troca física real de segmentos de DNA entre os cromossomos materno e paterno de um par de homólogos resulta em uma mistura dos genes

> parentais, o que leva, por sua vez, a um significativo aumento das combinações genéticas. Com essa maior recombinação gênica, ocorre uma maior variabilidade dos tipos de gametas formados ao final de cada meiose, o que contribui com uma mais alta diversidade de organismos e favorece a maior adaptação evolutiva da espécie. Em última análise, o processo de recombinação genética acelera o processo evolutivo das espécies.

Na subseção 1.2.2, daremos continuidade a essa discussão, explorando a relação entre a DC e o câncer, uma doença que, infelizmente, tem se tornado cada vez mais presente e impactante na sociedade atual. Veremos como a DC desregulada pode contribuir para o desenvolvimento dessa condição tão complexa e relevante, além de entender suas implicações para a saúde pública.

1.2.2 O Câncer e a Divisão Celular

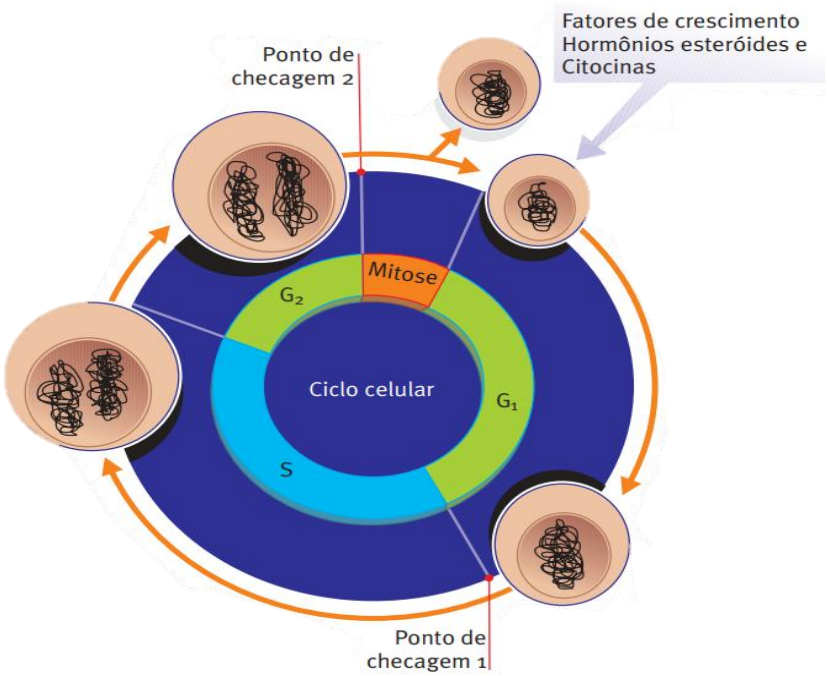
O câncer é considerado uma doença genética, o que significa que surge a partir da alteração dos genes normais de uma célula. Isso pode ocorrer devido à transferência de genes mutados, conhecidos como oncogenes, que são versões alteradas de genes normais. Quando esses genes mutados são transcritos, levam à produção de proteínas que apresentam perda ou ganho de função, interferindo em processos biológicos essenciais, como a DC correta (Belizário, 2002).

De acordo com Belizário (2002), quando cientistas analisaram a expressão de genes em células normais e células tumorais, perceberam algumas diferenças. Em grande parte dos casos, as mutações ocorrem em genes que codificam fatores de crescimento, receptores de membrana, fatores de transcrição e enzimas quinases. O mais significativo é que foi descoberto que todos esses genes estão envolvidos nas vias de sinalização celular, regulando tanto o avanço quanto a inibição do ciclo celular, além de controlarem a apoptose (morte celular programada).

Como dito anteriormente, o ciclo celular envolve os processos de duplicação do DNA e divisão celular, culminando na formação de novas células. Para que o ciclo seja iniciado, a célula em estado de repouso (fase G0) precisa ser estimulada por fatores de crescimento, hormônios esteroides e citocinas (proteínas que atuam de maneira semelhante a hormônios), os quais podem ser produzidos por ela mesma ou por células vizinhas. Esses fatores se ligam a receptores específicos na membrana celular, desencadeando uma sequência ordenada de reações químicas e alterações morfológicas que ocorrem em cada fase do ciclo (G1, S, G2 e M) (Belizário, 2002).

Durante as transições entre as fases G1/S e G2/M, os eventos são interrompidos nos chamados ‘pontos de checagem’ (Figura 4). Nessas etapas críticas, a célula decide se prossegue com a divisão ou interrompe o processo, entrando em apoptose, o que evita a formação de células defeituosas. Esse sistema de controle é fundamental para garantir a integridade do ciclo celular, e falhas em qualquer um dos seus componentes podem levar à proliferação descontrolada das células (Belizário, 2002).

Figura 4 - No ciclo celular normal, a divisão da célula pode ser interrompida nos chamados 'pontos de checagem' do processo



Fonte: Belizário (2002, p. 53).

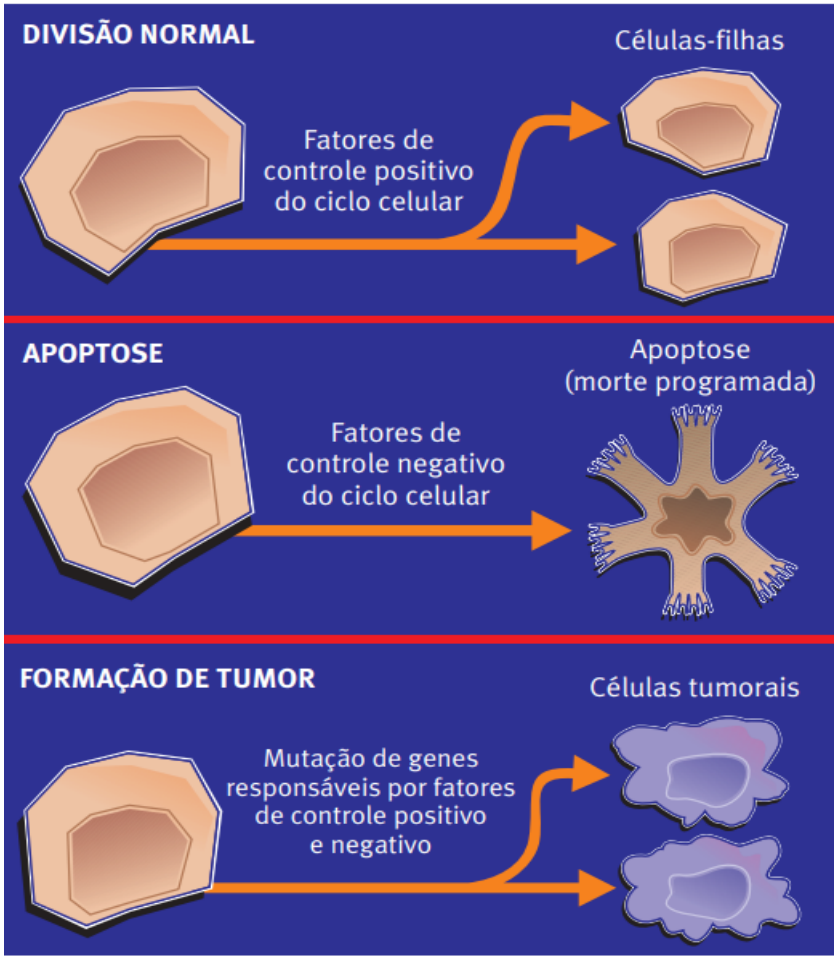
É evidente que o crescimento descontrolado observado nas neoplasias (células tumorais) resulta da ativação de proto-oncogenes, que desempenham um papel crucial no controle positivo do ciclo celular. Essa ativação pode ser desencadeada por mutações, deleções (eliminação de segmentos) e translocações cromossômicas. Quando uma célula normal adquire cópias adicionais de oncogenes ativados, há uma estimulação contínua dos eventos bioquímicos responsáveis pela proliferação e transformação celular, caracterizando o câncer (Belizário, 2002).

Além disso, foi comprovado (Hanahan; Weinberg, 2000; Liotta; Kohn, 2001) que, em certos tipos de células neoplásicas, o crescimento descontrolado é causado pelo aumento no número de cópias, mutação ou deleção de proto-oncogenes

envolvidos no controle negativo do ciclo celular e na regulação da apoptose. Nesses casos, o crescimento autônomo das células é devido à inativação de genes supressores de tumor, o que impede a célula de detectar erros e falhas que normalmente levariam ao bloqueio do ciclo celular ou à morte por apoptose.

Assim, a célula pode seguir três caminhos distintos em seu ciclo: a divisão normal, a apoptose ou o desenvolvimento de células tumorais (Figura 5).

Figura 5 – Caminhos nos quais uma célula pode seguir durante seu ciclo celular



Fonte: Belizário (2002, p. 53).

Outrossim, o câncer pode ser caracterizado pela proliferação descontrolada de células, e compreender os mecanismos da DC é fundamental para entender essa doença. O corpo animal funciona como um ecossistema no qual as células, organizadas em tecidos, se reproduzem por DC e colaboram entre si para o bom funcionamento do organismo (Hanahan; Weinberg, 2000).

Diferente das células de vida livre, como as bactérias que competem pela sobrevivência, as células de organismos multicelulares seguem uma lógica de cooperação, em que o autossacrifício, e não a competição, é a norma. Para manter essa harmonia, as células trocam sinais extracelulares complexos que regulam seu comportamento, determinando quando devem repousar, se dividir, diferenciar-se ou morrer, sempre visando o bem-estar do organismo (Alberts *et al*., 2017).

Quando ocorrem alterações moleculares que perturbam essa coordenação, o equilíbrio desse ecossistema celular é ameaçado. Mais perigoso ainda, uma mutação pode conferir a uma célula uma vantagem seletiva, permitindo que ela cresça e se divida mais rapidamente do que suas vizinhas, escapando dos controles normais. Essa célula mutante pode se tornar a fundadora de um clone que cresce de maneira desordenada e fora de contexto. Ciclos sucessivos de mutações, competição e seleção natural dentro dessa população de células somáticas podem, ao longo do tempo, piorar a situação, sendo estes “[...] os ingredientes básicos do câncer” (Alberts *et al.,* 2017, p. 1091).

Por isso, compreender a DC é fundamental para entender o câncer, pois o câncer é, essencialmente, uma doença causada pelo descontrole desse processo. A divisão celular é altamente regulada por uma série de sinais e mecanismos de controle que garantem que as células se multipliquem de maneira ordenada, somente quando necessário, e morram (por apoptose) quando apresentam danos ou não são mais úteis (Alberts *et al.,* 2017).

Quando esses mecanismos falham, devido a mutações em genes que regulam o ciclo celular, as células começam a se dividir descontroladamente, formando tumores e invadindo tecidos vizinhos. Esses genes mutados podem alterar proteínas que controlam a progressão da célula através das fases do ciclo celular, ou bloquear os "pontos de checagem", que garantem que apenas células saudáveis continuem a se dividir (Alberts *et al*., 2017).

Para o tratamento do câncer, muitos medicamentos e terapias-alvo, como a quimioterapia e a radioterapia, buscam restaurar o controle da DC, interrompendo a proliferação das células cancerígenas ou induzindo sua morte.

Diante do exposto, evidencia-se a relevância do ensino de conceitos relacionados à Biologia Celular, como o processo de DC, no EM. Esses conhecimentos não apenas conscientizam os estudantes sobre processos fundamentais à vida e sua relação com temas atuais, como o câncer, mas também

estimulam o avanço da área por meio da formação de uma base sólida de aprendizado. Para alcançar esse objetivo, é fundamental adotar abordagens pedagógicas que promovam a construção ativa e significativa do conhecimento.

Nesse contexto, a Seção 2 abordará a Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS), destacando seu potencial para aprimorar o ensino de Biologia e promover uma integração mais profunda e duradoura dos estudantes aos conceitos científicos. A TAS se configura como uma proposta pedagógica inovadora, destinada a superar os desafios enfrentados na transmissão desse conhecimento, proporcionando uma experiência de aprendizado mais eficaz e significativa.

2 A TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA NO ENSINO DE BIOLOGIA

O processo de ensino e aprendizagem da Divisão Celular (DC) apresenta muitos desafios no Ensino Médio (EM), conforme discutido na Seção 1. É essencial que reavaliemos as estratégias utilizadas nesse processo para superar esses obstáculos. Puhl, Muller e Lima (2020, p. 63) apoiam essa reavaliação em seu artigo, destacando a crise na Educação, especialmente na área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias (CNT), enfatizando a necessidade de “superar estratégias didáticas meramente expositivas[...]” que não consideram “[...] o estudante como sujeito ativo nos processos de ensino e de aprendizagem”.

Outrossim, Pedrancini *et al*. (2007) afirmam que o conteúdo escolar que se limita apenas à sala de aula, faz com que os discentes acabam se tornando “escolarizados”, com um conhecimento que não lhes permite analisar fenômenos científicos além do imediato, ou seja não conseguindo aplicar o conhecimento de forma prática e significativa dentro de sua realidade. Além disso, Rocha Filho *et al*. (2009, p. 18) reafirmam a questão da compartimentalização relatando que estamos enfrentando:

> [...] os estertores de um sistema educacional desenvolvido e mantido pela perspectiva da separabilidade, numa conjuntura social, política, econômica, científica e religiosa, cujas características estão gradualmente exigindo posturas integradoras, e esse descompasso está na raiz da problemática da Educação.

Ademais, a abordagem de ensino que se baseia apenas na exposição de conteúdo tende a limitar o engajamento dos alunos, tornando-os passivos. Eles passam horas sentados em cadeiras desconfortáveis, ouvindo professores falarem sobre conhecimentos que foram construídos por outras pessoas e que muitas vezes não têm relação com suas próprias vidas ou contexto (Rocha Filho *et al*., 2009).

Para que as práticas pedagógicas sejam eficazes, é essencial que os professores se baseiem nas teorias da aprendizagem, pois compreender como a aprendizagem ocorre é crucial para o planejamento didático. Os referenciais teóricos e práticos da psicologia e do desenvolvimento são fundamentais e devem ser assimilados pelos docentes. Dessa forma, eles podem promover não apenas a aprendizagem, mas também o desenvolvimento das capacidades psíquicas dos discentes (Pedrancini *et al*., 2007).

Em termos gerais, as teorias da aprendizagem são modelos que procuram explicar como os indivíduos adquirem, processam e retém conhecimentos ao longo do tempo. Eles fornecem fundamentos para práticas educacionais, orientando educadores na escolha de métodos e estratégias de ensino (Ostermann; Cavalcanti, 2011).

A seguir, apresentamos algumas das principais teorias de aprendizagem, de acordo com Ostermann e Cavalcanti, 2011:

- **Behaviorismo:** Focado no comportamento observável, o behaviorismo enfatiza a relação entre estímulos e respostas. Os comportamentos são moldados por meio de reforços positivos ou negativos. Burrhus Frederic Skinner é um dos principais representantes dessa abordagem.
- **Construtivismo ou Cognitivismo:** Proposto por Jean Piaget, o construtivismo sugere que o conhecimento é construído pelo aprendiz através da interação com o ambiente. Piaget parceiros avançados de desenvolvimento cognitivo pelas quais as crianças passam ao adquirir novas habilidades e conhecimentos.
- **Sociointeracionismo:** Lev Vygotsky destacou a importância do contexto social e cultural no desenvolvimento cognitivo. Sua teoria enfatiza que a aprendizagem ocorre por meio da interação social e que ferramentas culturais, como a linguagem, desempenham um papel crucial nesse processo.
- **Aprendizagem Significativa:** David Ausubel propôs que a aprendizagem é mais eficaz quando novas informações são relacionadas a conhecimentos prévios de maneira significativa. Ele desenvolveu de forma dinâmica o conceito de "subsunçores", que são estruturas cognitivas já existentes e servem como base para a assimilação de novas informações.
- **Teoria da Aprendizagem Experiencial:** Desenvolvida por David Kolb, essa teoria enfatiza o papel da experiência direta na aprendizagem. O modelo de Kolb propõe um ciclo de quatro estágios: experiência concreta, observação reflexiva, conceituação abstrata e experimentação ativa.

Além disso, a aplicação desses conhecimentos teóricos permite que os professores adaptem suas metodologias de ensino às necessidades específicas de cada estudante, criando um ambiente de aprendizagem mais inclusivo e eficaz. A integração dessas teorias no cotidiano escolar contribui para um ensino mais

dinâmico e contextualizado, que valoriza as experiências e o contexto de vida dos educandos, tornando o processo educativo mais significativo e engajador (Rocha Filho *et al*., 2009).

Desta forma, para elaborar materiais de ensino que realmente facilitem a integração de novas informações à estrutura cognitiva dos alunos de maneira significativa, é necessário que o professor desenvolva estratégias que vão além da simples transmissão de conteúdo.

O educador deve assumir o papel de mediador, colocando os estudantes em situações que promovam a interação entre o sujeito e o objeto de estudo. Isso pode ser alcançado através da diversificação das atividades em sala de aula, da utilização de diferentes técnicas de ensino e da implementação de variados materiais pedagógicos. Essas práticas ajudam a tornar o aprendizado mais dinâmico e relevante para os alunos, promovendo um envolvimento mais ativo e significativo no processo educativo (Pedrancini *et al*., 2007).

Nesse cenário, a TAS pode contribuir para o processo de ensino-aprendizagem de CNT no Novo Ensino Médio permitindo a aplicação prática dos conhecimentos científicos. Isso promove um aprendizado que capacita o indivíduo a desenvolver sua própria formação de maneira autônoma. Discutiremos um pouco mais sobre a TAS na Subseção 2.1.

2.1 EXPLORANDO A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA: A VISÃO DE AUSUBEL

Em termos gerais, uma teoria é um esforço humano para sistematizar um campo de conhecimento. Ela oferece uma perspectiva específica para compreender, explicar e prever fenômenos, além de resolver problemas.

David Paul Ausubel (1918-2008), um renomado médico estadunidense, dedicou-se intensamente, durante a década de 1960, ao estudo dos processos de aquisição de conhecimento. Ele emergiu como um fervoroso defensor do cognitivismo, sustentando que a aprendizagem é profundamente influenciada pelos significados que os indivíduos atribuem às informações que recebem (Ausubel, 2024).

Para Ausubel (2003), a aprendizagem significativa estabelece que o indivíduo apresenta uma Estrutura Cognitiva (EC) preexistente, elaborada ao longo de sua vida, a qual tem uma função importante em termos de interação com cada nova informação recebida por este.

Segundo Pelizzari *et al*. (2002), a teoria de Ausubel foi uma das primeiras abordagens psicoeducativas a explicar a aprendizagem escolar e o ensino, contrastando com os princípios do behaviorismo. Além disso, Ausubel tornou-se um representante do cognitivismo e crítico do behaviorismo radical proposto por Skinner (Cavalcanti, 2016).

Desta forma, o processo de armazenamento das informações é organizado formando uma hierarquia conceitual que pode ser modificada à medida que se confronta com novas informações. Este conhecimento acumulado constitui-se como um facilitador para a introdução de novos conceitos e informações. Deste modo, Pelizzari *et al.* (2002, p. 39) estabelecem que,

> [...] Quanto mais se relaciona o novo conteúdo de maneira substancial e não arbitrária com algum aspecto da estrutura cognitiva prévia que lhe for relevante, mais próximo se está da aprendizagem significativa. Quanto menos se estabelece esse tipo de relação, mais próxima se está da aprendizagem mecânica ou repetitiva.

Neste sentido, percebe-se que o conhecimento prévio do aluno é um fator essencial para uma Aprendizagem Significativa (AS), de modo que é neste conhecimento que se encontra a estrutura cognitiva preexistente, tendo essa a importante função no que tange o processo de ensino e aprendizagem, de modo que possa induzir desta, uma aprendizagem que tenha sentido para o educando.

Ausubel, Novak e Haanesian (1980, p. 137) pontuam que, se tivéssemos que reduzir toda a psicologia educacional a um só princípio, diríamos: o fator singular mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já conhece. Descubra isto e ensine-o de acordo.

Do mesmo modo, Ausubel pontua que o acesso a EC, pode ocorrer através da utilização de organizadores prévios, que são materiais introdutórios que servirão de ligação ou ponte entre o que o aluno conhece e aquilo que o professor quer ensinar. Estes materiais precisam apresentar maior generalidade, abstração e inclusividade que o material a ser ensinado, mas, devem permitir a contextualização para a aquisição significativa de um novo conhecimento.

Em suma, o conceito central da teoria de Ausubel é a aprendizagem significativa, que ele descreve como um processo onde novas informações se conectam a aspectos relevantes da estrutura de conhecimento do indivíduo. Esse processo envolve a interação da nova informação com uma estrutura de conhecimento específica, chamada por Ausubel de subsunçor (Ausubel, 2003).

A aprendizagem significativa ocorre quando novas informações se ancoram em conceitos ou proposições existentes na estrutura cognitiva do aprendiz. Ausubel visualiza o armazenamento de informações no cérebro humano como uma hierarquia conceitual, onde elementos mais específicos de conhecimento são ligados e assimilados a conceitos mais gerais e inclusivos. Assim, a estrutura cognitiva é vista como uma hierarquia de conceitos que representam as experiências sensoriais do indivíduo (Moreira, 1999).

Veremos na Subseção 2.1.1 um pouco mais sobre a jornada e o contexto pessoal de Ausubel, bem como o impacto de seus trabalhos na Educação.

2.1.1 A Jornada de David Ausubel: Contexto Pessoal e Impacto na Educação

David Paul Ausubel, um renomado teórico estadunidense da educação, nasceu em uma família de origem judaica que enfrentou grandes desafios econômicos. Seus pais, Herman e Lillian Ausubel, fizeram parte do significativo movimento migratório que ocorreu entre 1905 e 1914, período em que aproximadamente 700 mil judeus emigraram para os Estados Unidos da América (EUA) em busca de melhores condições de vida e oportunidades (Puhl; Muller; Lima, 2020).

A família Ausubel, composta inicialmente por Herman, Lillian e sua primogênita, Mildred, estabeleceu-se em Nova Iorque, onde David nasceu em 25 de outubro de 1918. Conforme relatado por Puhl, Muller e Lima (2020), David cresceu em um ambiente marcado por dificuldades financeiras, o que fomentou nele uma forte determinação e um profundo interesse pela educação, motivado pela convicção de que o conhecimento poderia transformar vidas e proporcionar um futuro melhor.

A infância de Ausubel foi marcada pela perseguição aos judeus pelo movimento Ku Klux Klan, ocorrida principalmente entre 1915 e 1944, sob a justificativa de que os europeus de classe baixa eram responsáveis pelo aumento da criminalidade e do banditismo nos EUA. Diante desse cenário, a escola também reprimia e castigava os estudantes judeus com métodos abusivos, conforme relatado pelo próprio autor: esfregando sabão de lixívia na boca quando empregavam palavrões; humilhando-os ao deixá-los de pé em um canto para servir de exemplo à classe; e obrigando-os a comer carne de porco, cuja ingestão é considerada crime pela lei judaica (Ausubel; Novak; Hanesian, 1980).

A insatisfação de Ausubel com sua trajetória escolar o levou a investigar os processos de ensino e aprendizagem, culminando na formulação da Teoria da

Aprendizagem Significativa (TAS). Em 1939, Ausubel concluiu o bacharelado em Psicologia pela *University of Pennsylvania*. No ano seguinte, obteve o título de mestre na mesma área pela *Columbia University*. Em 1943, graduou-se em Medicina pela *Middlesex University* e foi à Alemanha prestar serviços de saúde pública aos Estados Unidos da América, oferecendo tratamentos médicos a pessoas deslocadas após a Segunda Guerra Mundial. Em 1950, continuando sua trajetória acadêmica, obteve o título de doutor em Psicologia do Desenvolvimento pela *Columbia University* (Ausubel, 2024).

Baseando-se em sua experiência como médico, professor e em sua vivência no sistema educacional, Ausubel buscou sistematizar os princípios que permitiram compreender como os seres humanos organizam suas experiências e atribuem significado à realidade, desenvolvendo, assim, a TAS. Embora sua teoria tenha sido interpretada sob diferentes perspectivas epistemológicas, como cognitivistas, empiristas ou associativas, ela se destaca por focar no papel central do conhecimento prévio na assimilação de novos conceitos.

De acordo com Pozo e Crespo (2009), a TAS depende de uma relação paralela entre as estruturas conceituais do aluno e o conhecimento científico. Isso implica que a teoria é mais eficaz para aprendizes com um certo nível de desenvolvimento cognitivo e domínio terminológico, geralmente realizado na adolescência. Diferentemente de outras abordagens construtivistas, a TAS enfatiza a diferenciação e integração conceitual, sem prever reestruturações profundas nos princípios do conhecimento cotidiano ou em níveis cognitivos mais elementares.

Além disso, a TAS se diferencia das teorias behavioristas, que trabalham com associações simples de estímulo-resposta observáveis. Na TAS, a associação ocorre entre novos conhecimentos e estruturas cognitivas preexistentes organizadas de maneira hierárquica, permitindo uma aprendizagem mais significativa e rigorosa.

Em 1973, Ausubel aposentou-se da vida acadêmica para dedicar-se integralmente à sua prática psiquiátrica. Contudo, continuou exercendo a função de professor visitante em algumas universidades, dentre elas a *University of Berne*, na Suíça (1977), e a *Hochschule der Bundeswehr*, em Munique, Alemanha (janeiro-junho de 1980). Após 1980, publicou vários livros sobre psicologia do desenvolvimento e da educação, dependência de drogas, psicopatologia e desenvolvimento do ego. Publicou também cerca de 150 artigos em periódicos psicológicos e psiquiátricos. Esse vasto estudo em psicologia rendeu-lhe, em 1976, o prêmio *Thorndike Award*

from the American Psychological Association por “Contribuições Psicológicas Distintas à Educação”.

Na época do lançamento do livro *Psicologia Educacional* (1968), as concepções behavioristas predominavam nos EUA, acreditando na influência do meio sobre o sujeito. Nessa perspectiva, o conhecimento dos estudantes não era considerado e entendia-se que a aprendizagem somente poderia ocorrer se o conteúdo fosse ensinado por alguém. A concepção de ensino e aprendizagem de Ausubel era contrária à do behaviorismo (Aububel, 2024).

Para Ausubel (2003, p. 113), a aprendizagem é considerada o “processo de aquisição de novos significados reais a partir dos significados potenciais apresentados no material de aprendizagem e de os tornar mais disponíveis”, no qual o novo conhecimento interage com os existentes na estrutura mental, ampliando-se e incorporando-se para permitir a compreensão de conceitos mais inclusivos.

Em relação aos estudos voltados para a área da Educação, destacam-se duas obras: *Psicologia Educacional* (1968) e *Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva* (2003). Essas obras são a base teórica contemplada nesta investigação, na qual se propõe uma releitura dos princípios da TAS, adaptando-a para a atual sociedade e considerando-a como um meio para facilitar a aprendizagem, mas, principalmente, o ensino dos conteúdos escolares.

Ausubel faleceu aos 89 anos, no dia 9 de julho de 2008, em Nova Iorque, EUA (Funeral Innovations, 2024).

2.1.2 Categorias de ensino e aprendizagem em contexto escolar

Para compreender como se dá a aprendizagem escolar, Ausubel propõe a análise de eixos ou dimensões, e, a partir dos diferentes valores que esses eixos podem assumir em cada contexto, surgem diversas categorias de aprendizagem. Entre essas, destacam-se a aprendizagem receptiva, por descoberta, mecânica e significativa (Praia, 2000).

A aprendizagem pode ser dividida em diferentes tipos e categorias, cada uma com características e implicações específicas no processo educativo. As duas mais conhecidas são a Aprendizagem Mecânica (AM) e a Aprendizagem Significativa (AS), que apresentam abordagens e resultados bastante distintos. De acordo com Moreira e Masini (1982) a AM ocorre quando o indivíduo memoriza informações sem conectar-

se com seus conhecimentos prévios. Esse tipo de aprendizagem resulta em um armazenamento temporário do conteúdo, que geralmente é esquecido após seu uso. Por exemplo, o conteúdo que o educando vê pouco antes da avaliação, numa tentativa de lembrá-lo para a mesma. Como não há uma verdadeira internalização de significado, o conteúdo não é incorporado de maneira substancial à estrutura cognitiva do indivíduo, e logo é esquecido.

Por outro lado, a AS envolve a aquisição de novos significados que se conectam com conceitos e proposições já presentes na estrutura cognitiva do aprendiz. Isso requer tanto uma predisposição para aprender quanto um conteúdo que seja relevante e que possa se integrar aos conhecimentos prévios. Esse processo é progressivo, envolvendo a construção dos chamados subsunçores, que são conceitos âncora para novos conhecimentos. Ao contrário da aprendizagem mecânica, os significados adquiridos por meio da AS são mais duradouros e aplicáveis a novas situações (Moreira; Masini, 1982).

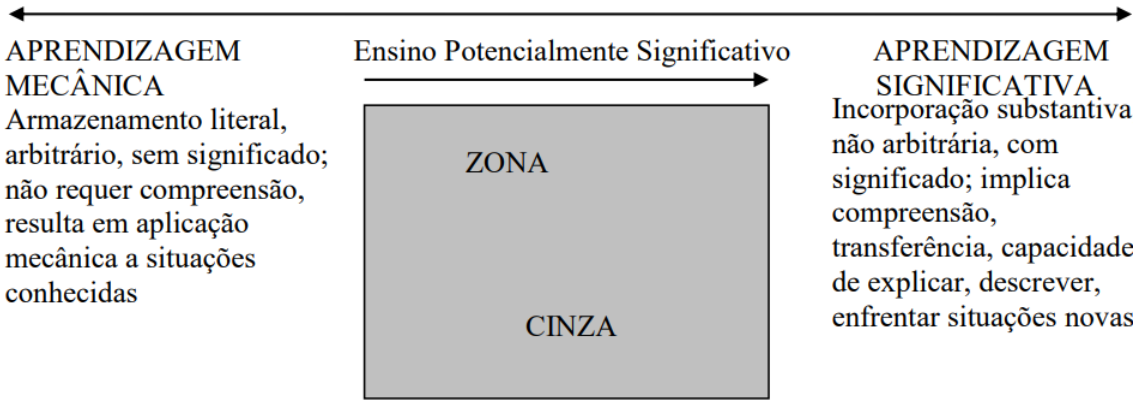
Duas formas distintas de aquisição de conhecimento são a Aprendizagem Receptiva (AR) e a Aprendizagem por Descoberta (AD). Na AR, o aprendiz recebe o conteúdo estruturado, como em uma aula ou livro. Embora erroneamente associada à passividade, essa forma exige intensa atividade cognitiva para que o discente relacione o novo conteúdo aos seus conhecimentos anteriores, envolvendo a investigação de significados e o processo das informações de forma gradual.

Não obstante, na AD o educando explora o conhecimento antes de internalizá-lo. Embora essa abordagem seja útil, especialmente em crianças, não é essencial para a AS em contextos avançados, como para adultos. Nessas situações, a AR pode ser mais eficiente, especialmente quando o tempo e a profundidade são considerados (Ausubel, 1980).

Essas distinções mostram que o processo de aprendizagem é dinâmico e depende da interação entre o conhecimento prévio e as novas informações, envolvendo tanto a memorização quanto a internalização significativa, cada uma com papéis distintos no desenvolvimento cognitivo do indivíduo.

A Figura 6 ilustra o contínuo entre a AM e a AS, destacando a existência de uma “zona cinza” entre os dois extremos. Essa zona representa o espaço em que as características de ambas as formas de aprendizagem podem coexistir, reforçando a ideia de que a AM e a AS não são processos mutuamente excludentes, mas sim parte de uma progressão (Moreira, 2013a).

Figura 6. Visão esquemática do contínuo aprendizagem significativa-aprendizagem mecânica



Fonte: Moreira (2013, p. 16).

A zona cinza, localizada entre esses dois extremos, reflete um estágio em que o aprendiz ainda não integrou completamente o novo conhecimento de maneira significativa, mas já não está apenas memorizando de forma arbitrária. Isso pode ocorrer, por exemplo, quando um aluno memoriza um conceito inicialmente sem compreensão profunda, mas, com o tempo, conecta esse conhecimento a estruturas cognitivas preexistentes, avançando em direção à AS.

No lado esquerdo da figura supracitada, a AM é descrita como um armazenamento literal e arbitrário, sem significado, que não exige compreensão e resulta em aplicações mecânicas em situações conhecidas. Por outro lado, no lado direito, a AS é caracterizada como um processo de incorporação substantiva e não arbitrária, envolvendo compreensão, transferência e a capacidade de explicar e enfrentar novas situações.

Essa transição evidencia o papel central do ensino potencialmente significativo, representado na figura como o caminho para transformar aprendizagens mecânicas em significativas. Segundo Moreira (2013a), essa transformação ocorre quando o novo conhecimento é logicamente conectado a ideias-âncora existentes na mente do aprendiz. Assim, o ensino que explora e organiza os conhecimentos prévios do aluno favorece essa evolução ao longo do contínuo.

A Figura 6, portanto, reforça a relevância do planejamento didático que permita ao discente progredir ao longo desse contínuo, conectando conceitos de forma lógica e significativa, enquanto promove a interação entre os dois tipos de aprendizagem.

A substantividade é outra característica essencial da AS. Em vez de focar na memorização literal, a ênfase está na compreensão profunda dos significados. Um conceito pode ser expresso de várias formas, desde que o significado essencial seja

mantido. Esse processo de ancoragem entre novos conhecimentos e ideias prévias garante que a aprendizagem seja mais duradoura e profunda, diferentemente da AM, que tende a ser superficial e temporária (Praia, 2000).

Ausubel (2003) também destaca que tanto a AR quanto a AD podem ser significativas, desde que o novo conhecimento seja incorporado de maneira não literal à estrutura cognitiva do aprendiz. Esse processo permite que as informações sejam retidas de maneira duradoura e aplicadas em contextos variados, sendo o modo mais eficaz de adquirir e armazenar grandes quantidades de informação.

Outrossim, a TAS de Ausubel baseia-se na ideia de que a estrutura cognitiva – o conjunto organizado de ideias de um indivíduo – é central para o aprendizado. Essa organização de conceitos pré-existentes possibilita a assimilação de novos conhecimentos, com as ideias-âncora sendo fundamentais nesse processo. Quando o novo conhecimento interage com essas ideias-âncora, tanto o novo conteúdo quanto o conhecimento prévio são modificados, resultando em uma estrutura cognitiva mais rica e diferenciada.

Em situações em que o aprendiz não possui conhecimentos prévios que possam atuar como ideias-âncora, a AM tende a predominar. Nesses casos, o conteúdo é aprendido de maneira superficial. No entanto, à medida que o indivíduo desenvolve conceitos mais elaborados, a aprendizagem se torna progressivamente significativa, à medida que surgem novas ideias-âncora para sustentar a assimilação de novos conteúdos.

Portanto, a principal diferença entre a AS e a AM está na profundidade e na durabilidade do conhecimento adquirido. Enquanto uma integra novos significados com uma base sólida entre o novo conhecimento e os subsunçores, de modo substantivo e não arbitrário, com capacidade de explicá-lo, a outra tende a ser temporária e menos conectada às estruturas cognitivas já existentes (Moreira, 2013a).

Outrossim, na AS, os subsunçores tornam-se progressivamente mais elaborados através de processos cognitivos como a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa. Esses processos ocorrem simultaneamente, resultando em uma estrutura cognitiva hierarquicamente organizada e mutável, à medida que novos conhecimentos são incorporados, conforme veremos na Subseção 2.1.3.

2.1.3 Formas e Tipos de Aprendizagem Significativa

A AS, proposta por Ausubel, fundamenta-se na instrução como elemento central do processo de aprendizagem, priorizando a organização lógica, hierárquica e estruturada dos conhecimentos. Essa teoria destaca a importância dos organizadores prévios, que atuam como ferramentas introdutórias para preparar o aprendiz a assimilar novos conteúdos de forma significativa. Ausubel propõe que a aprendizagem ocorre de maneira mais eficaz quando novos conceitos são conectados a conhecimentos previamente existentes na estrutura cognitiva do aprendiz, os chamados subsunçores, enriquecendo-os e tornando-os mais elaborados. Nesse contexto, ele apresenta três tipos principais de AS: representacional, conceitual e proposicional, que descrevem diferentes formas de assimilação e organização do conhecimento, representando níveis progressivos de abstração e complexidade.

O primeiro tipo, a aprendizagem representacional, é considerado o mais básico. Nesse caso, os símbolos — geralmente palavras — são associados a objetos, eventos ou conceitos específicos. Moreira (1999) explica que essa aprendizagem é significativa porque o símbolo adquire um sentido para o indivíduo, tornando-se uma representação direta de seu referente. Um exemplo clássico seria uma criança que aprende a associar a palavra “mesa” a um objeto concreto, geralmente uma mesa que faz parte de seu cotidiano. Nesse estágio, ainda não há abstração, e o símbolo está diretamente ligado a um referente particular. No entanto, essa é uma etapa essencial, pois serve de base para os outros tipos de aprendizagem significativa.

Segundo Praia (2000), a aprendizagem conceitual envolve a aquisição de conceitos que permitem ao indivíduo identificar regularidades e padrões em eventos ou objetos. Esse tipo de aprendizagem é caracterizado por um nível maior de abstração, onde o aprendiz não lida mais com referentes concretos, mas com conceitos mais amplos que representam essas regularidades. Por exemplo, ao aprender o conceito de “mamífero”, o indivíduo não apenas reconhece diferentes tipos de animais, como cachorros, gatos e leões, mas também compreende as características comuns que os definem como mamíferos. Essa capacidade de generalizar experiências e identificar padrões é fundamental para a construção de um conhecimento mais estruturado e abrangente. Praia (2000) destaca que a aprendizagem conceitual é essencial para o desenvolvimento cognitivo, pois permite

ao aprendiz organizar e integrar novos conhecimentos de maneira significativa e coerente.

O terceiro tipo, a aprendizagem proposicional, é o mais complexo e envolve a atribuição de significados a ideias expressas em forma de proposições, ou seja, combinações de conceitos que formam frases ou sentenças. Conforme descrito por Moreira (1999), esse tipo de aprendizagem requer que o indivíduo não apenas compreenda o significado individual de cada conceito ou palavra na proposição, mas também o significado da ideia como um todo. Um exemplo seria entender a proposição “todas as mesas são móveis”. Para isso, é necessário compreender tanto o conceito de “mesa” quanto o de “móvel”, mas o significado da frase vai além da simples soma dos dois conceitos. A aprendizagem proposicional depende, portanto, da aprendizagem representacional e conceitual, mas constitui um avanço ao integrar conceitos em ideias mais amplas.

Ademais, existem três maneiras pelas quais essa aprendizagem pode ocorrer: por subordinação, superordenação ou de forma combinatória, conforme detalhado por Moreira (1999, 2013a).

A aprendizagem subordinada, por exemplo, ocorre quando novos conceitos ou proposições são aprendidos a partir da ancoragem em conhecimentos prévios mais gerais ou inclusivos que fazem parte da estrutura cognitiva do aprendiz. Um exemplo disso seria um estudante que, já familiarizado com o conceito de “escola”, aprende sobre diferentes tipos de escolas, como escolas públicas, privadas ou confessionais. Esse novo conhecimento está subordinado à ideia mais ampla e geral de “escola”, que serve de base para a aprendizagem de novos conceitos.

Em contrapartida, a aprendizagem superordenada envolve o processo inverso ao da aprendizagem subordinada: novos conceitos mais amplos e inclusivos são adquiridos a partir de exemplos ou conceitos previamente conhecidos. Nesse caso, ocorre uma abstração em que o aprendizado reflete sobre as semelhanças entre diferentes tipos de conhecimentos adquiridos e, a partir disso, sintetiza essas informações em uma nova ideia mais geral (Moreira, 2013a).

Por exemplo, um estudante que aprende sobre diferentes formas de governo, como democracia, monarquia e ditadura, compreende inicialmente as características específicas de cada sistema de maneira isolada. No entanto, ao refletir sobre as semelhanças e diferenças entre essas formas de governo, ele pode desenvolver um conceito mais amplo de "sistemas políticos". Esse novo conceito engloba todas as

formas estudadas, permitindo uma visão mais geral e abstrata sobre como os sistemas políticos operam e se diferenciam. Esse processo de abstração e síntese é essencial na aprendizagem superordenada, pois possibilita ao aprendiz formar conceitos mais abrangentes a partir de conhecimentos específicos.

A terceira forma de aprendizagem, denominada aprendizagem combinatória, ocorre quando o novo conhecimento não é subordinado nem superordenado em relação ao conhecimento prévio, mas estabelece uma relação lateral, interagindo com uma rede de informações já existente na estrutura cognitiva. Segundo Moreira (2013a), essa forma de aprendizagem é particularmente comum em situações complexas, nas quais o indivíduo precisa combinar diferentes conceitos e proposições para construir novas compreensões.

Um exemplo disso pode ser observado no entendimento das relações entre massa e energia na física. Para compreender essa relação, o aprendiz precisa integrar conceitos como energia, massa e velocidade, sem que um seja necessariamente subordinado ao outro (Moreira, 2013a). Nesse sentido, a aprendizagem combinatória se destaca como uma forma flexível de aquisição de conhecimento, em que o novo conteúdo interage com uma base cognitiva diversificada, permitindo a criação de novas conexões e compreensões mais amplas.

Em suma, AS descrita por Ausubel e expandida por Moreira oferece uma estrutura robusta para entender como o conhecimento é construído de forma ativa e progressiva. Os três tipos de aprendizagem — representacional, conceitual e proposicional — descrevem diferentes níveis de complexidade na atribuição de significados, enquanto as três formas de aprendizagem — subordinada, superordenada e combinatória — explicam como esses significados podem ser integrados ao conhecimento prévio. Essa compreensão detalhada da aprendizagem tem implicações profundas para a prática pedagógica, pois auxilia a orientação dos educadores na promoção de uma educação que vai além da mera memorização, focando na construção de significados que fazem sentido para o educando e que podem ser aplicados em contextos variados.

2.1.4 Expansões de Moreira na Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel

A Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS), proposta por David Ausubel, destaca que a aprendizagem ocorre de forma mais eficaz quando novos

conhecimentos são integrados à estrutura cognitiva do aprendiz, ao invés de serem adquiridos de maneira arbitrária ou isolada (Ausubel, 1968). O autor defende que a aprendizagem é facilitada por meio da assimilação de novas informações a conceitos já existentes, com ênfase na construção de significados, algo que é central para a TAS.

Marco Antônio Moreira, ao longo de suas pesquisas, ampliou e aprofundou essa teoria, proporcionando contribuições que enriquecem sua aplicação no contexto educacional contemporâneo. Ele questiona e expande as propostas originais de Ausubel, destacando, por exemplo, a complexidade na interação das diferentes formas e tipos de aprendizagem. Ausubel propôs categorias como aprendizagem representacional, conceitual e proposicional, e suas respectivas formas subordinadas, superordenadas e combinatórias (Ausubel; Novak; Hanesian, 1980). No entanto, Moreira (2011) sugere que essas categorias não operam de forma isolada, mas se entrelaçam, refletindo a dinâmica da prática pedagógica e a complexidade das situações reais de ensino e aprendizagem.

Além disso, Moreira (2006) propõe uma alteração importante no conceito de “potencial significativo”, para ampliar a compreensão da relação entre o material de aprendizagem e a estrutura cognitiva do aprendiz. Ao contrário da perspectiva de Ausubel, que enfatiza a organização lógica do conteúdo como fator determinante para a aprendizagem, Moreira sugere que a aprendizagem depende significativamente, também, da mediação docente. Para ele, o papel do educador é fundamental na criação de condições propícias para que a integração do conteúdo seja eficaz, o que inclui uma seleção adequada de organizadores prévios e a contextualização dos temas a serem abordados.

Em suas contribuições, Moreira também destaca a importância da utilização dos organizadores prévios, inicialmente concebidos por Ausubel (1968) como recursos introdutórios ao novo conteúdo. No entanto, ele argumenta que tais organizadores devem ser empregados de forma contínua ao longo de todo o processo de aprendizagem, auxiliando na consolidação e expansão dos significados construídos (Moreira, 2010). Essa expansão do conceito de organizadores prévios reflete a busca por uma abordagem mais integrada e dinâmica do processo educativo.

Outro ponto central nas propostas de Moreira é a relação entre conhecimentos do cotidiano dos estudantes e os conceitos científicos ensinados em sala de aula. Ele defende que essa conexão não apenas facilita a compreensão dos conceitos

científicos, mas também promove a superação de barreiras conceituais, levando à construção de um conhecimento mais significativo e duradouro (Moreira, 2006). Para Moreira (2006), é preciso partir do que o discente já sabe para construir novos significados, o que exige do educador uma escuta atenta às experiências e ao conhecimento prévio de seus alunos.

Além disso, Moreira associa a TAS a uma perspectiva educacional crítica, defendendo que uma aprendizagem significativa deve ser uma ferramenta de emancipação. Segundo ele, a aprendizagem deve capacitar os estudantes a compreender e intervir em questões sociais, culturais e ambientais, alinhando-se com uma educação transformadora e cidadã, que busca formar indivíduos críticos e engajados com as demandas da sociedade contemporânea (Moreira, 2000). Essa adaptação da teoria de Ausubel, portanto, não se limita a uma mudança técnica na abordagem de ensino, mas reflete um movimento mais amplo de transformação social por meio da educação.

No contexto específico do ensino de ciências, Moreira (2006) adapta a teoria para enfrentar a complexidade dos conceitos científicos. Ele evidencia a importância de uma organização hierárquica do conteúdo, que permite a compreensão de temas complexos, como biologia, química e física. O uso de organizadores de avisos se torna essencial nesse processo, pois facilita a aprendizagem de conceitos abstratos e permite que eles sejam acessíveis aos estudantes, promovendo uma aprendizagem significativa (Moreira, 2013a).

Essas expansões realizadas por Moreira não apenas aprofundam a TAS, mas também se tornam mais relevantes para os desafios educacionais contemporâneos. As contribuições de Moreira enfatizam a importância da mediação pedagógica, da contextualização e da construção de ambientes de aprendizagem que favoreçam uma educação significativa. Para ele, a teoria não deve ser encarada como um conjunto fechado de princípios, mas como uma ferramenta dinâmica que pode ser continuamente reconfigurada para atender às necessidades dos estudantes e da sociedade (Moreira, 1999; Moreira, 2011).

Em suma, as contribuições de Marco Antônio Moreira ampliam e enriquecem a TAS de Ausubel, oferecendo perspectivas inovadoras que fortalecem sua aplicação no contexto educacional atual. Suas expansões destacam a complexidade do processo de aprendizagem e a importância de uma abordagem pedagógica que valoriza uma interação dinâmica entre novos conhecimentos e a estrutura cognitiva

do aprendiz, promovendo uma educação mais significativa e transformadora. Essas inovações não apenas fortalecem a base teórica da AS, mas também se alinham com os desafios e as exigências do ensino moderno, especialmente no que se refere à formação de cidadãos críticos e reflexivos (Moreira, 2000; Moreira, 2013b).

2.1.5 A Dinâmica da Aprendizagem Significativa

Como vimos anteriormente, Ausubel defende que a aprendizagem está relacionada à expansão da estrutura cognitiva do indivíduo por meio da internalização de novas ideias e conceitos. Esse processo dinâmico pode ser melhor compreendido ao considerarmos dois princípios interligados que, segundo Ausubel, ocorrem durante a aprendizagem significativa: a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa (Braga, 2010).

Na diferenciação progressiva, os conceitos subsunçores são constantemente modificados, adquirindo novos significados. Esse fenômeno, mais associado à aprendizagem subordinada correlativa, resulta no enriquecimento da estrutura cognitiva do indivíduo, aumentando a capacidade de adquirir novos significados.

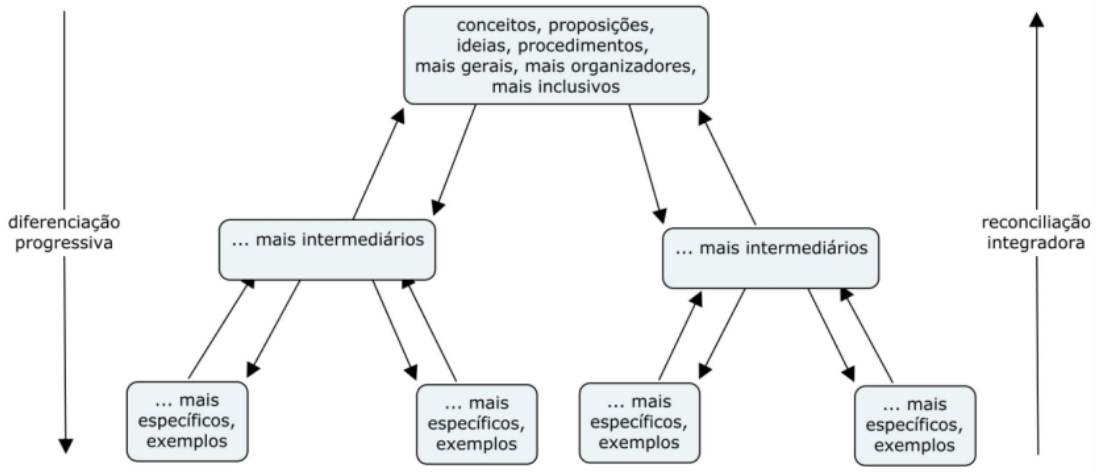
> Quando uma nova informação é integrada a um conceito ou proposição existente, essa nova informação é aprendida e o conceito ou proposição inclusiva é modificado. Esse processo de inclusão, que pode ocorrer várias vezes, motiva a diferenciação progressiva do conceito ou proposição que incorpora novas informações (Ausubel; Novak; Hanesian, 1980, p. 103).

A rede de relações que existe, ou que pode ser construída, não é simples. Uma ideia pode estar associada por subordinação, superordenação (sobreordenação) e de forma combinatória com uma ou várias outras. Portanto, novas ideias e ideias já existentes na estrutura cognitiva do indivíduo podem progressivamente se interligar em um trabalho intelectual consciente do indivíduo que busca e estabelece essas relações. Esse processo é chamado de reconciliação integrativa. Ausubel, Novak e Hanesian (1980) explicam que, na aprendizagem sobreordenada ou combinatória, as ideias na estrutura cognitiva tornam-se reconhecíveis quando relacionadas durante o processo de nova aprendizagem. Assim, uma nova informação é adquirida e os elementos existentes na estrutura cognitiva podem ser reorganizados, adquirindo um novo significado, processo que denomina de reconciliação integrativa.

A Figura 7 ilustra os conceitos de diferenciação progressiva e reconciliação integradora, fundamentais na TAS de Ausubel. A Diferenciação Progressiva,

representada pela seta descendente, descreve o processo por quais conceitos mais gerais, inclusivos e organizadores são progressivamente detalhados e desdobrados em ideias internas e exemplos mais específicos à medida que o conhecimento avança. Esse processo reflete a forma como a aprendizagem organiza o conhecimento, partindo de noções abrangentes para alcançar detalhes mais concretos e aplicáveis.

Figura 7 -Interdependência e Simultaneidade da Diferenciação Progressiva e Reconciliação Integradora na Estrutura Cognitiva e Ensino



Fonte: Moreira (2013a, p. 22).

Por sua vez, a Reconciliação Integradora, representada pela seta ascendente, demonstra como ideias específicas e exemplos concretos podem interagir com conceitos mais gerais e inclusivos, reorganizando a estrutura cognitiva do aprendiz e atribuindo novos significados ao que foi assimilado. Esse processo ressalta a natureza dinâmica da aprendizagem, em que novos conhecimentos não apenas se acumulam, mas também são apontados para a revisão e ampliação de conceitos previamente aprendidos.

Além disso, a Figura 7 também destacou a existência de níveis intermediários entre os conceitos gerais e os específicos, que funcionam como pontos de transição e facilitam a integração do novo conhecimento à estrutura cognitiva. Dessa forma, ela exemplifica como os processos de diferenciação progressiva e reconciliação integradora atuam em conjunto para promover uma AS, permitindo ao aprendiz compreender e relacionar novos conteúdos de forma consistente e estruturada com o conhecimento prévio.

Outro fenômeno relacionado à dinâmica da AS é a organização hierárquica da estrutura cognitiva do indivíduo e a consequente acomodação de ideias. Segundo

Ausubel, na estrutura cognitiva humana, com o tempo, as ideias mais específicas são progressivamente assimiladas pelas mais gerais às quais estão ligadas, sendo gradativamente esquecidas. Nesse processo, denominado assimilação obliteradora, as novas informações tornam-se espontânea e progressivamente menos dissociáveis de suas ideias-âncora até que não mais estejam disponíveis, ou seja, não sejam mais reproduzíveis como entidades individuais (Moreira, 2006).

O fenômeno da assimilação obliteradora integra o princípio da assimilação de Ausubel e pode ser mais facilmente compreendido através de esquemas representativos. O cerne da “teoria da assimilação” está na ideia de que novos significados são adquiridos pela interação do novo conhecimento com conceitos ou proposições previamente aprendidos. Essa interação resulta em um produto interacional no qual não só a nova informação adquire significados adicionais, mas também o subsunçor original adquire novos significados. Durante a fase de retenção, esse produto é dissociável, mas à medida que o processo de assimilação continua e entra na fase obliteradora, ele se reduz, ocorrendo então o esquecimento. Esse esquecimento não implica perda de informação, pois no processo de assimilação, que envolve especificamente a aprendizagem significativa, a nova ideia assimilada expande o sentido do conceito original a ponto de abarcar o novo significado que esta lhe agrega.

2.1.6 Condições para uma Aprendizagem Eficaz

Para que a aprendizagem seja verdadeiramente eficaz e significativa, é necessário que diversos fatores convirjam, envolvendo o estudante, o conteúdo e o ambiente de ensino. A TAS, de Ausubel e ampliada por pesquisadores como Moreira e Masini (1982), sugere que o sucesso dessa abordagem depende de condições específicas. Essas condições não apenas facilitam a assimilação de novos conhecimentos, mas também garantem que esse processo seja substancial e duradouro. Entre as principais condições para a AS estão o conhecimento prévio adequado, a predisposição do aprendiz e o material potencialmente significativo. Cada um desses elementos desempenha um papel crucial na forma como o conhecimento é construído e integrado na estrutura cognitiva do aluno, garantindo que o novo material seja incorporado de maneira não-arbitrária e substantiva.

A primeira condição essencial para a AS é a presença de subsunçores funcionais, ou seja, conhecimentos prévios relevantes na estrutura cognitiva do discente. Esses subsunçores atuam como “âncoras” para o novo conteúdo, facilitando sua assimilação. No entanto, como destaca Moreira (2021, p. 30), o conhecimento prévio, definido como “tudo o que o aprendiz já sabe”, pode tanto auxiliar quanto dificultar o processo, dependendo de sua adequação e compatibilidade com o novo conhecimento. Para superar possíveis conflitos e promover a integração do conteúdo, Ausubel sugere o uso de organizadores prévios, que funcionam como uma ponte entre os conhecimentos existentes e os novos, estruturando a informação de forma significativa (Moreira; Masini, 2017).

A segunda condição essencial para uma AS é que o conteúdo a ser aprendido seja potencialmente significativo. Isso implica que o conteúdo seja logicamente estruturado e capaz de estabelecer conexões não arbitrárias com a estrutura cognitiva do aprendiz. Além disso, ele precisa ser explicado e relevante para o aluno, permitindo sua integração com os conhecimentos prévios. Nesse sentido, a organização deve seguir os princípios da diferenciação progressiva, que parte de ideias gerais e inclusivas para aspectos mais específicos, e da reconciliação integrativa, que promova a resolução de inconsistências entre conhecimentos novos e antigos, permitindo uma integração coerente. Esses princípios garantem que o conteúdo apresentado seja significativo tanto do ponto de vista lógico quanto psicológico, favorecendo a aprendizagem.

A terceira condição é a predisposição para aprender, que vai além da simples motivação do educando. Para que a AS ocorra, é necessário que o aprendiz esteja disposto a relacionar o novo material com seus conhecimentos prévios de maneira substancial e não-arbitrária. Isso significa que, se o aluno apenas memoriza o conteúdo de forma mecânica e literal, sem integrar esse conhecimento ao que já sabe, o aprendizado será meramente superficial e mecânico, não levando a uma compreensão profunda. Essa disposição para a aprendizagem depende de fatores diversos, como o interesse pelo tema, o ambiente de aprendizado e o incentivo recebido (Moreira; Masini, 2017). Nesse sentido, o papel do educador é fundamental ao criar um ambiente propício e motivador, ajustando as atividades e materiais de ensino para estimular a predisposição do aluno.

Para consolidar essa predisposição e garantir que a AS ocorra, o processo de diferenciação progressiva é crucial. Moreira (2021) explica que, à medida que novos

conhecimentos são incorporados, ocorre uma mudança na estrutura cognitiva do discente, que passa a integrar os novos conteúdos de forma progressiva, começando pelas ideias mais gerais e avançando para os detalhes. Esse processo, quando bem conduzido, resulta em uma estrutura cognitiva mais robusta e adaptável, permitindo que o estudante aplique os novos conhecimentos de maneira mais flexível em diferentes contextos. Além disso, a reconciliação integrativa, que consiste em estabelecer relações entre o novo e o velho conhecimento, reforça essa estrutura ao resolver inconsistências e consolidar o aprendizado (Masini; Moreira, 2017).

Outro ponto importante é a organização sequencial dos conteúdos de ensino, que deve respeitar tanto a diferenciação progressiva quanto a reconciliação integrativa. Sequenciar os tópicos de maneira lógica e coesa, estabelecendo uma relação entre eles, facilita a compreensão do estudante e garante que ele possa seguir um raciocínio coerente, integrando os novos conhecimentos de forma significativa (Masini; Moreira, 2017). Esse cuidado com a sequência dos conteúdos e a insistência no domínio dos conceitos antes de avançar para novos conhecimentos reforçam a ideia de que a AS não é um processo rápido, mas algo que exige tempo e dedicação por parte do aluno e do professor.

Em suma, para que a aprendizagem significativa ocorra, é essencial que o aluno tenha subsunçores adequados, que o material seja potencialmente significativo e que o discente esteja predisposto a aprender de maneira substantiva e não arbitrária. Além disso, a organização cuidadosa dos conteúdos de ensino, seguindo princípios como a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa, facilita a assimilação do conhecimento e garante que ele seja realmente incorporado à estrutura cognitiva do aluno. Ao atender a essas condições, o professor cria um ambiente de aprendizagem mais eficaz, que não apenas transmite informações, mas promove uma compreensão profunda e duradoura.

2.2 UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA

As Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS) surgem como uma alternativa didática voltada à promoção da aprendizagem significativa, em contraponto ao ensino tradicional, que se baseia muitas vezes na transmissão mecânica de conteúdos, como criticado por Moreira (2011). Nas abordagens tradicionais, o docente apresenta os conteúdos, e os alunos frequentemente se

limitam a memorizá-los, sem, contudo, estabelecer conexões significativas com o conhecimento prévio. Essa prática, segundo Moreira (2011), resulta em uma aprendizagem temporária e descontextualizada, sendo prontamente esquecida após as avaliações.

Para superar essa limitação, as UEPS têm como objetivo central o desenvolvimento de sequências de ensino fundamentadas na TAS de Ausubel, com foco na construção de conhecimento de maneira significativa, ou seja, conectada ao que o estudante sabe e carregada de relevância para o seu contexto. A proposta dessas unidades consiste em organizar o ensino de forma que os conteúdos novos se relacionem de maneira explícita com o conhecimento prévio dos discentes, promovendo uma aprendizagem duradoura e integrada.

De acordo com Moreira (2011), as UEPS estão estruturadas sobre princípios que envolvem, além da Teoria de Ausubel, contribuições de outras abordagens importantes. Essas influências teóricas se refletem na proposta de ensino que valoriza a interação entre aluno, professor e materiais didáticos, tendo em vista que a mediação é fundamental para a construção de significados (Cavalcanti, 2016). Ou seja, a sequência didática elaborada pelo docente precisa considerar em sua estrutura a TAS, além de alguns fundamentos e características de outras abordagens relacionadas à aprendizagem cognitiva. Isso permite que a construção do conhecimento seja significativa e relevante para o discente, garantindo que o conteúdo esteja diretamente ligado ao que ele sabe e às suas experiências anteriores.

Entre os princípios que orientam a UEPS, destaca-se a necessidade de um ensino progressivo e integrador, no qual o educando percebe a relevância dos conteúdos e definições mentais específicas para aprender significativamente (Hirai, 2017). Nesse sentido, as atividades propostas, como situações-problema e debates, são planejadas para fomentar o pensamento crítico e a reflexão, priorizando a compreensão e a construção de significados em vez da simples memorização.

O papel docente é reconfigurado no contexto das UEPS. Ele passa a ser um facilitador e mediador, responsável por propor situações de aprendizagem que provoquem o estudante a questionar, refletir e construir novos significados. As situações-problema, por exemplo, são uma estratégia fundamental, pois servem como organizadores prévios, ancorando o novo conhecimento no que já é conhecido e motivando o educando a construir modelos mentais funcionais para a resolução dos

problemas (Moreira, 2011; Hirai, 2017). Essas situações são introduzidas de forma progressiva, aumentando a complexidade à medida que o aluno avança no conteúdo.

Além disso, a socialização e a linguagem são elementos cruciais no processo de captação de significado. A interação entre alunos em atividades colaborativas facilita a negociação de significados, promovendo uma aprendizagem mais rica e significativa. A partir dessa perspectiva, Moreira (2011) afirma que a UEPS deve privilegiar momentos de interação social, nos quais os discentes possam compartilhar suas ideias, elaborar conjuntamente soluções para problemas e, assim, internalizar de forma mais eficaz os novos conhecimentos.

Ao que tange a avaliação esta, no contexto das UEPS, deve ser contínua e progressiva, buscando evidências da AS ao longo do processo. Essa avaliação não deve se limitar a uma etapa final, mas ser conduzida durante todo o desenvolvimento da unidade, permitindo que o educador identifique o progresso dos alunos e ajuste o ensino conforme necessário (Cavalcanti, 2016).

Por fim, a estrutura sequencial da UEPS, organizada em etapas, segue uma lógica de progressão que parte da definição do tema, passa pela apresentação de situações-problema, revisões e aprofundamentos graduais do conteúdo, até alcançar a consolidação e avaliação da aprendizagem. Esse formato dinâmico, adaptável e centrado no estudante oferece uma oportunidade valiosa para transformar o ensino em uma experiência mais significativa, crítica e integradora, alinhada às demandas da educação contemporânea.

A seguir, no Quadro 2, será apresentada a descrição do processo de elaboração de uma UEPS. Assim como uma receita de bolo, os passos descritos formam uma sequência lógica a ser seguida, com o objetivo de promover a AS nos estudantes. Essas etapas são fundamentais, proporcionando aos discentes diferentes momentos ao longo do processo de aprendizagem.

Quadro 2 - Sequência em oito passos da UEPS

1º Passo – Escolha do tema e dos objetivos Definir o tópico específico a ser abordado, identificando seus aspectos declarativos e procedimentais tais como aceitos no contexto da matéria de ensino na qual se insere esse tópico;
2º Passo – Conhecimento prévio

Propor situações como discussões, questionários, mapas conceituais ou mentais, e situações-problema que incentivem os alunos a expressar seus conhecimentos prévios, sejam eles aceitos ou não no contexto da matéria, visando uma aprendizagem significativa do tópico em questão.
3º Passo – Organizadoresprévios Propor situações-problema introdutórias que considerem o conhecimento prévio do aluno, preparando-o para novos conhecimentos. Essas situações devem ser percebidas como problemas pelos alunos e ajudá-los a criar modelos mentais. Podem ser apresentadas por meio de simulações, demonstrações, vídeos, problemas do cotidiano, entre outros, de forma acessível e desafiadora.
4º Passo - Diferenciação progressiva Após abordar as situações iniciais, o conhecimento deve ser apresentado de forma progressiva, começando com aspectos gerais e inclusivos para dar uma visão inicial do todo. Em seguida, deve-se exemplificar e abordar aspectos específicos. Uma estratégia de ensino eficaz pode incluir uma breve exposição oral, seguida de atividades colaborativas em pequenos grupos, e finalizando com uma apresentação ou discussão em grande grupo.
5º Passo – Reconciliação integradora Após a primeira apresentação, retome os aspectos gerais do conteúdo em uma nova apresentação mais complexa. Proponha situações-problema com níveis crescentes de complexidade, dando novos exemplos e promovendo a reconciliação integradora. Em seguida, realize uma atividade colaborativa que envolva interação social e negociação de significados, com o professor como mediador.
6º Passo - Diferenciação progressiva na perspectiva integrativa Concluindo a unidade, continue a diferenciação progressiva, retomando as características mais relevantes do conteúdo de forma integradora. Faça uma nova apresentação dos significados, utilizando diferentes estratégias (exposição oral, texto, recurso computacional, audiovisual, etc.). Proponha novas situações-problema de maior complexidade para serem resolvidas em atividades colaborativas e discutidas em grande grupo, com mediação do professor.
7º Passo - Evidências da captação de significados A avaliação nas UEPS deve ser contínua, registrando evidências de aprendizagem. Após o sexto passo, ocorre uma avaliação somativa individual com questões validadas por professores. O desempenho do aluno é avaliado igualmente pela avaliação formativa e somativa.
8º Passo – Evidências da AS

A UEPS somente será considerada exitosa se a avaliação do desempenho dos alunos fornecer evidências de aprendizagem significativa (captação de significados, compreensão, capacidade de explicar, de aplicar o conhecimento para resolver situações problema). A aprendizagem significativa é progressiva, o domínio de um campo conceitual é progressivo; por isso, a ênfase em evidências, não em comportamentos finais.

Fonte: Moreira (2011, p. 45).

2.2.1 Avaliação Somativa e Formativa: O papel dos Mapas Conceituais

Os Mapas Conceituais (MCs), criados por Joseph Novak na década de 1970, são ferramentas didáticas eficazes, tanto no processo de ensino quanto na avaliação. Eles consistem em diagramas que interligam conceitos utilizando formas geométricas, como círculos e retângulos, e linhas ou setas que estabelecem proposições por meio de palavras ou frases de ligação. Segundo Novak e Cañas (2010, p. 10), os conceitos são definidos como "regularidades percebidas em eventos ou objetos, designadas por um rótulo", que pode ser uma palavra, símbolo ou até uma frase. Já as proposições são afirmações que conectam dois ou mais conceitos, formando sentenças com sentido próprio.

Quando utilizados como ferramentas formativas, os MCs permitem que os estudantes visualizem e construam relações entre os conceitos, promovendo uma interação com novos conhecimentos. Nesse processo, o educador atua como mediador, ajudando os estudantes a refletirem sobre essas conexões e a negociarem novos significados, inclusive relacionando com conceitos prévios, conhecidos como subsunçores, de acordo com a TAS (Aguiar; Correia, 2013). Dessa forma, os MCs não apenas ajudam a organizar o conhecimento, mas também estimulam o pensamento crítico e reflexivo, favorecendo uma aprendizagem mais profunda.

No contexto avaliativo, os MCs representam uma quebra em relação às avaliações tradicionais, que normalmente se baseiam em respostas certas ou erradas. Esse tipo de avaliação tende a focar na memorização mecânica, o que muitas vezes não reflete uma aprendizagem significativa (Moreira, 2010). Para que os MCs sejam eficazes na avaliação da AS, é necessário que o foco esteja na criação de proposições que demonstrem o entendimento do discente, em vez de simples reprodução de conceitos. Por isso, é fundamental que os MCs sejam desenvolvidos com uma base teórica clara e objetivos bem definidos (Souza; Boruchovitch, 2010).

Aguiar e Correia (2013) destacam quatro parâmetros essenciais para a construção de bons MCs: clareza semântica, pergunta focal, organização hierárquica dos conceitos e revisões contínuas. A clareza semântica está relacionada à escolha cuidadosa das palavras e frases de ligação, garantindo que as proposições expressem suas ideias de forma completa e correta. A pergunta focal, por sua vez, delimita o tema do MC, funcionando como um guia para a construção do mapa, permitindo que o estudante organize suas proposições em torno de uma questão central.

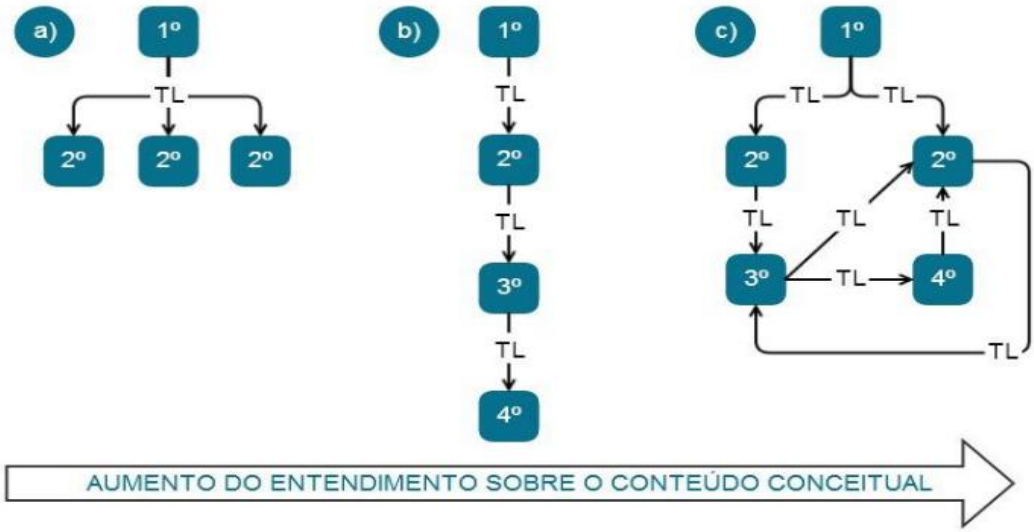
A organização hierárquica é outro elemento crucial, que envolve a construção de conceitos mais gerais para os mais específicos, uma prática conhecida como diferenciação progressiva. Essa estrutura possibilita que o aluno aprofunde o tema, representando as relações entre os conceitos por ligações verticais. Além disso, a integração de conceitos aparentemente distintos, representada por ligações horizontais, reflete a reconciliação integrativa, um indicador de que o educando compreendeu o conteúdo de forma significativa (Aguiar; Correia, 2013).

Os MCs podem ser classificados em diferentes tipos, como radial, linear e rede. No mapa radial, um único conceito central conecta-se a outros conceitos subordinados, enquanto o mapa linear apresenta uma sequência de conceitos encadeados, o que sugere um avanço mais profundo na aprendizagem em comparação com o modelo radial (Aguiar; Correia, 2013). Entretanto, apenas os discentes que seguem pelo caminho da AS conseguem produzir MCs do tipo rede, que revelam uma compreensão mais ampla e integrada dos conceitos.

A Figura 8 ilustra as estruturas típicas dos mapas radiais, lineares e em rede, evidenciando o avanço na compreensão do conteúdo conceitual conforme o mapa é elaborado pelos estudantes. Por exemplo, quando os discentes criam mapas com mais ramificações e conexões, características do mapa em rede, demonstram um maior aprofundamento no entendimento do tema.

O último parâmetro, as revisões contínuas, está profundamente ligado à TAS, uma vez que o processo de aprendizagem é dinâmico e requer constantes ajustes e reestruturações das relações conceituais. Novak e Cañas (2010, p. 16) reforçam que "um mapa conceitual nunca está finalizado", pois a cada nova revisão, os discentes podem refletir sobre suas próprias estratégias de aprendizagem, corrigir erros e expandir seus conhecimentos, em um processo contínuo de reelaboração.

Figura 8 - Estruturas típicas dos Mapas Conceituais: a) radial, b) linear e c) rede



Fonte: Aguiar; Correia (2013, p. 147).

Essas revisões também promovem a metacognição, uma habilidade que permite aos discentes reconhecerem suas próprias conquistas e dificuldades, tomando consciência dos passos que os levaram à compreensão do conteúdo. De acordo com Aguiar e Correia (2013), esse tipo de reflexão é essencial para o desenvolvimento da autonomia do aluno e para o aprimoramento das suas estratégias de aprendizagem.

A elaboração de um bom MC pode ser comparada a uma "radiografia" da estrutura cognitiva do educando, revelando ao docente as lacunas de conhecimento e sugerindo novos caminhos de ensino. Nesse sentido, os MCs se configuram como uma ferramenta valiosa de avaliação formativa, oferecendo um retrato preciso do estágio de aprendizagem e orientando a prática docente (Tavares, 2007). Assim, é possível afirmar que, com o uso adequado dos MCs, o processo de ensino-aprendizagem torna-se mais significativo e colaborativo.

Com base nessas ideias, é esperado que o uso dos MCs na educação formal continue a crescer nos próximos anos, consolidando-se como uma estratégia poderosa para promover uma aprendizagem mais significativa e integradora.

3 LABORÁTÓRIOS DE APRENDIZAGEM

As aulas experimentais são essenciais no aprendizado dos alunos, principalmente em Ciências e Biologia, pois oferecem oportunidades de interação direta com materiais e equipamentos, permitindo a observação de organismos e processos, seja a olho nu ou com auxílio de microscópios. Essas experiências práticas possibilitam aos discentes a avaliação de resultados, a realização de testes e a resolução de problemas, estimulando o desenvolvimento do raciocínio crítico e habilidades para enfrentar desafios (Berezuk; Inada, 2010). Além disso, o laboratório se configura como um ambiente de aprendizagem significativo, conectando teoria e prática. Esse espaço transforma a dinâmica da sala de aula, tornando conceitos teóricos mais tangíveis e acessíveis, promovendo uma forma dinâmica de produção e transmissão de conhecimento científico.

Nesse contexto, o uso de laboratórios não apenas facilita a compreensão das leis naturais, mas também desempenha um papel fundamental no desenvolvimento do pensamento crítico e no estímulo da experimentação. Ademais, o avanço das Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs) abre novas possibilidades para o desenvolvimento de laboratórios virtuais e remotos, que podem ampliar ainda mais o acesso dos estudantes à experimentação e à aprendizagem ativa (Tetour; Boehringer; Richter, 2011).

De acordo com Ray *et al*. (2012), os laboratórios virtuais são ambientes digitais que permitem aos alunos realizar experimentações práticas de forma interativa, sem a necessidade de contato físico com os materiais reais. Esses ambientes utilizam recursos como simulações computacionais, modelos virtuais, vídeos, animações e outras ferramentas tecnológicas para proporcionar uma experiência de aprendizagem imersiva.

Os avanços nas tecnologias virtuais, como a medição remota, os sistemas distribuídos e os ambientes educacionais interativos, transformaram profundamente a abordagem tradicional do ensino e da experimentação. Esses desenvolvimentos impactaram a educação em diversos níveis, desde o ensino técnico e médio até os cursos de graduação acadêmica, proporcionando novas oportunidades para o aprendizado prático (Tomic, 2012).

Neste âmbito, os Laboratórios Virtuais de Aprendizagem (LVAs), entram como estratégias pedagógicas que auxiliam os discentes a chegarem em seu objetivo,

enquanto estudante, que é o aprendizado. Esses laboratórios virtuais oferecem uma alternativa flexível e acessível aos laboratórios físicos tradicionais, permitindo que os estudantes acessem e interajam com os conteúdos a qualquer hora e em qualquer lugar, desde que tenham uma conexão com a internet (Amaral *et al*., 2011).

Os LVAs são especialmente valiosos em contextos onde os recursos físicos são limitados ou inacessíveis. Eles permitem a realização de experimentos que seriam inviáveis em um ambiente físico devido a custos, riscos ou restrições logísticas. Um exemplo prático é o uso da plataforma SimBio, que oferece simulações interativas em biologia, permitindo que os estudantes explorem ecossistemas, realizem dissecações virtuais e analisem dados biológicos em um ambiente seguro e controlado.

Além disso, os LVAs incentivam a aprendizagem colaborativa e interativa. Os estudantes podem trabalhar em conjunto, compartilhando ideias e soluções para os problemas apresentados nas simulações. Isso não apenas reforça os conceitos aprendidos, mas também desenvolve habilidades sociais e de comunicação, essenciais para o trabalho em equipe.

Em resumo, a integração das TICs e a utilização dos LVAs, oferecem uma abordagem robusta e eficaz para a educação moderna. Eles proporcionam um ambiente de aprendizado dinâmico e interativo, que estimula a curiosidade e o engajamento dos discentes, preparando-os melhor para os desafios do mundo real.

Nesta Seção, abordaremos sobre os Laboratórios de Aprendizagem, bem como os tipos, a comparação entre laboratórios convencionais e investigativos, além dos LVAs e a Apresentação do SimBio como uma ferramenta virtual para o ensino**.**

3.1 LABORATÓRIOS DE APRENDIZAGEM: UM PANORAMA

O uso de laboratórios é essencial para aprofundar a compreensão das leis naturais, bem como para o desenvolvimento do pensamento crítico e da experimentação. Os Laboratórios de Aprendizagem (LAs), em particular, são ambientes projetados para tornar as formas de ensino mais interativas e alinhadas à realidade dos discentes, incentivando a exploração ativa e a conexão entre teoria e prática.

Conforme Zubia *et al*. (2017), os laboratórios educacionais dividem-se em duas categorias principais: Laboratórios Tradicionais e Não Tradicionais. Os Laboratórios

Tradicionais, ou *hands-on*, são espaços físicos equipados com instrumentos e materiais específicos, onde os experimentos são realizados presencialmente. Esses ambientes proporcionam uma experiência direta com os fenômenos naturais, permitindo que os alunos desenvolvam habilidades manuais, compreendam o comportamento dos materiais e façam observações precisas. Contudo, sua utilização pode ser limitada por questões logísticas e de recursos, já que o acesso a equipamentos sofisticados nem sempre está disponível em todas as instituições.

Em contraste, os Laboratórios Não Tradicionais, baseados em Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs), oferecem uma alternativa inovadora, utilizando dispositivos como computadores, *tablets* e *smartphones* para simular experimentos de forma remota ou virtual. Esses laboratórios, muitas vezes chamados de laboratórios virtuais ou remotos, têm a vantagem de democratizar o acesso a práticas experimentais, possibilitando que estudantes de diferentes regiões ou com dificuldades de acesso a laboratórios físicos possam experimentar e interagir com o conteúdo. Por exemplo, em áreas como física e química*, softwares* de simulação podem replicar reações e fenômenos complexos, enquanto em biologia, o uso de modelos 3D permite uma visualização detalhada de estruturas microscópicas e anatômicas (Zubia *et al*., 2017).

Os LAs desempenham um papel fundamental na complementação do conhecimento dos estudantes, promovendo uma interação mais profunda com os processos de ensino, como observado por Corrêa, Corrêa e Santos (2001). Além de sua importância nas ciências naturais, esses laboratórios têm ganhado destaque em áreas como psicologia, educação, artes e linguística, demonstrando sua versatilidade como ferramentas educacionais. Por exemplo, na área da psicologia, experimentos virtuais podem ser conduzidos para estudar o comportamento humano em ambientes controlados, e em artes, a experimentação criativa com ferramentas digitais pode ser vista como uma extensão dos laboratórios tradicionais.

A eficácia dos laboratórios no ensino é extremamente reconhecida, pois a experimentação desenvolvida nesse ambiente promove diversas habilidades essenciais para a aprendizagem científica. De acordo com Cardoso e Takahashi (2011), essas atividades permitem aos alunos desenvolver competências como a compreensão e modelagem de problemas, formulação e verificação de hipóteses, proposição metodológica, realização de medidas, análise de dados e elaboração de conclusões. Além disso, ao manipular equipamentos e interpretar resultados, os

estudantes aprimoram sua capacidade de pensar de forma lógica e sistemática, um aspecto fundamental do pensamento científico.

Estudos como os de Johnstone e Al-Shuaili (2001), reforçam a importância dos laboratórios no desenvolvimento de competências como planejamento de experimentos e interpretação de dados experimentais. Além disso, os laboratórios incentivam os discentes a lidar com erros e incertezas de maneira produtiva, promovendo uma cultura de aprendizado baseada na tentativa e erro, essencial para o avanço da ciência. No contexto dos laboratórios virtuais, essa abordagem é igualmente relevante, pois, embora o ambiente seja simulado, os desafios de planejamento e análise de resultados permanecem, estimulando o pensamento crítico e a resolução de problemas.

Assim, os LAs, sejam eles tradicionais ou virtuais, se mostram indispensáveis na educação moderna. Eles não apenas conectam a teoria à prática, mas também promovem um ambiente onde os educandos podem experimentar, explorar e construir seu conhecimento de forma colaborativa e interativa. Seja no contexto presencial ou virtual, essas ferramentas são fundamentais para uma compreensão mais profunda e aplicada dos conteúdos estudados, alinhando-se às demandas contemporâneas da educação.

3.1.1 Tipos de Laboratórios de Aprendizagem

Os laboratórios, conforme destacam Amaral *et al.* (2011), são importantes para promover diferentes modalidades de ensino e aprendizagem dentro de contextos educacionais específicos. Schmidt e Tarouco (2008) identificam três modelos principais de laboratórios: presenciais, remotos e virtuais, cada um com suas características particulares e formas de aplicação no processo de ensino.

Os laboratórios presenciais são espaços físicos localizados nas próprias instituições de ensino, onde os discentes têm acesso direto aos artefatos e instrumentos necessários para a realização dos experimentos. Esse tipo de laboratório é caracterizado pela interação direta entre alunos, docentes e colegas, o que facilita o compartilhamento de ideias e a colaboração durante o processo experimental. No entanto, um desafio comum aos laboratórios presenciais é a limitação de recursos financeiros, que muitas vezes inviabiliza que cada estudante

disponha de todos os instrumentos necessários. Por essa razão, o revezamento no uso de materiais entre os estudantes é uma prática comum.

Nos laboratórios remotos, os alunos não precisam estar fisicamente presentes na instituição. Em vez disso, eles podem acessar os equipamentos e realizar experimentos à distância, utilizando uma interface digital que permite a manipulação dos instrumentos remotamente. Essa modalidade se distingue dos laboratórios virtuais, pois, enquanto nos primeiros o aluno interage com instrumentos reais de forma remota, nos laboratórios virtuais a simulação dos equipamentos e dos experimentos é realizada por meio de modelos computacionais. Como apontado por Callaghan *et al*. (2008) e Ramos-Paja, Scarpetta e Martínez-Salamero (2010), os laboratórios remotos oferecem uma solução eficiente para estudantes que não têm acesso físico às instalações, proporcionando uma experiência prática real, mesmo com a limitação da distância geográfica. Um exemplo disso são os laboratórios de ciências em que os alunos podem, a partir de sua casa, operar um microscópio ou um equipamento de medição que está fisicamente localizado em outra cidade ou país. O acesso a esses ambientes remotos é geralmente feito por meio de um sistema de autenticação e agendamento, garantindo que os experimentos sejam realizados de forma controlada e organizada, sem comprometer a qualidade da experiência prática. Esse modelo também pode ser usado para a realização de experimentos que desativem equipamentos especializados ou caros, acessíveis somente por meio de laboratórios remotos.

Os LVAs por outro lado, são completamente baseados em simulações computacionais que reproduzem o ambiente de um laboratório físico. Esses laboratórios oferecem uma alternativa mais acessível, já que não há limitação quanto ao número de instrumentos disponíveis e não requerem autenticação ou reserva de horário (Amaral *et al*., 2011). A flexibilidade dos LVAs permite que os estudantes acessem os experimentos a qualquer momento, o que os torna uma opção vantajosa para educandos que precisam de maior liberdade de tempo e acesso. Um exemplo notável é o *site* PhET[1], desenvolvido pela Universidade do Colorado, EUA. Ele oferece atividades interativas tanto para a educação básica quanto superior. Os estudantes podem manipular objetos e ajustar parâmetros em experimentos nas áreas de Matemática, Estatísticas, Física, Química, Ciências da Terra e do Espaço, e Biologia.

[1] Link de acesso ao site PhEt desenvolvido pela Universidade do Colorado, EUA: https://phet.colorado.edu/pt_BR/

Dessa forma, os diferentes tipos de laboratórios oferecem soluções complementares no processo de ensino-aprendizagem, cada um com suas vantagens e limitações. Enquanto os laboratórios presenciais proporcionam uma experiência prática direta e colaborativa, os laboratórios remotos e virtuais ampliam o acesso e a flexibilidade, permitindo que alunos de diferentes contextos possam vivenciar a prática científica e tecnológica, superando barreiras físicas e financeiras.

3.1.2 Laboratório convencional e laboratório com atividades investigativas

Os laboratórios desempenham um papel crucial no ensino de ciências, seja em sua forma convencional ou em formatos mais investigativos. Ambos os modelos têm vantagens e limitações que impactam diretamente o processo de ensino e aprendizagem. Os laboratórios convencionais, amplamente utilizados nas instituições de ensino, caracterizam-se por serem ambientes físicos equipados com instrumentos específicos para a realização de experimentos. De acordo com Oliveira (2022), são essenciais para pesquisas científicas que demandam amostras, componentes eletrônicos e outros aparatos físicos. Os experimentos realizados nesses laboratórios são reais, permitindo que os alunos visualizem na prática os conceitos aprendidos na teoria, corrobora Borges (2002).

Contudo, uma das principais limitações desse modelo é a falta de liberdade dos estudantes durante as atividades experimentais. O uso de roteiros previamente definidos e altamente estruturados faz com que os alunos sigam passos predeterminados, limitando sua autonomia e poder de decisão (Pinho-Alves, 2000; Borges, 2002; Carvalho, 2014). Dessa forma, os discentes assumem o papel de executores de experimentos, com pouca margem para criatividade ou inovação.

Além disso, o laboratório convencional oferece uma experiência prática próxima da vida real, mas impõe limites físicos e horários de acesso, demandando altos investimentos financeiros para a manutenção dos equipamentos e recursos. Nedic, Machotka e Nafalski (2003) destacam que essas restrições podem limitar o acesso contínuo dos estudantes ao laboratório, especialmente fora dos horários agendados, o que pode impactar negativamente a prática experimental.

Por outro lado, os laboratórios investigativos seguem uma abordagem mais flexível e criativa, colocando o discente no centro do processo de aprendizagem. Carvalho (2014) afirma que, nesse tipo de laboratório, o estudante abandona a posição passiva, desenvolvendo habilidades como interferir, argumentar, pensar e

agir. Em vez de seguir roteiros pré-estabelecidos, o aluno assume a responsabilidade pela resolução dos problemas propostos, desde o planejamento até a execução e interpretação dos resultados (Borges, 2002). Nesse contexto, o Ensino por investigação é amplamente defendido como uma alternativa eficaz para melhorar o desempenho no Ensino de Ciências. Araújo e Abid (2003) relatam que o uso de laboratórios investigativos encoraja o estudante a questionar o mundo natural e buscar soluções, promovendo o pensamento científico e o raciocínio lógico. Zômpero e Laburú (2011) complementam que essa abordagem também favorece o desenvolvimento de habilidades cognitivas e colaborativas, além de promover uma compreensão mais profunda da natureza do trabalho científico.

Entretanto, Borges (2002) ressalta que existem diferentes níveis de investigação, dependendo do quanto o professor deixa em aberto na formulação dos problemas e procedimentos experimentais. A liberdade total de decisão pode ser desafiadora para alguns alunos, especialmente aqueles que estão menos familiarizados com o método investigativo. Além disso, a infraestrutura necessária para esse tipo de laboratório ainda pode ser limitada, especialmente em instituições com menos recursos.

Ao comparar os dois modelos, observa-se que os laboratórios convencionais oferecem a vantagem de garantir maior precisão experimental, com resultados controlados e reproduzíveis. Eles são indicados para ensinar técnicas e habilidades específicas, como o manuseio de instrumentos e a ilustração de conceitos teóricos, conforme destaca Nedic, Machotka e Nafalski (2003). No entanto, a maior limitação reside na falta de autonomia dos alunos, que seguem roteiros previamente estabelecidos, o que pode restringir o desenvolvimento de habilidades críticas e criativas.

Por outro lado, os laboratórios investigativos fomentam o desenvolvimento de habilidades de raciocínio e resolução de problemas, permitindo que os estudantes atuem de forma mais ativa e participativa no processo de aprendizagem. No entanto, essa liberdade também pode ser um desafio, especialmente para discentes que precisam de mais estrutura ou que não estão acostumados com a metodologia investigativa.

Dessa forma, ambos os modelos de laboratório possuem papéis fundamentais no ensino de ciências. O ideal seria combiná-los para aproveitar as vantagens de cada um. Enquanto os laboratórios convencionais fornecem uma base sólida em técnicas

e teorias, os laboratórios investigativos promovem o desenvolvimento de habilidades mais amplas, como o pensamento crítico e a autonomia. O desafio, portanto, é equilibrar essas abordagens para oferecer uma educação científica mais completa e significativa.

3.1.3 Laboratórios Virtuais de Aprendizagem

Os Laboratórios Virtuais de Aprendizagem (LVAs) surgiram como uma resposta à crescente demanda por novas tecnologias no ensino de ciências. Estes laboratórios oferecem uma alternativa ao ensino tradicional, permitindo aos alunos realizar experimentos em ambientes digitais, com simulações que replicam fenômenos reais, promovendo uma aprendizagem mais interativa e acessível. Oliveira (2022) destaca o uso das simulações em experimentos de Física como uma das aplicações mais comuns dos Laboratórios Virtuais (LVs), proporcionando uma compreensão mais profunda de fenômenos que muitas vezes são de difícil observação nos laboratórios convencionais. Por exemplo, simulações de colisões de partículas permitem que estudantes observem interações em nível subatômico que seriam impossíveis de reproduzir em um laboratório físico escolar.

Um dos principais benefícios dos LVAs é a flexibilidade. Como observado por Justino *et al*. (2003), os estudantes podem acessar os experimentos de qualquer lugar e a qualquer hora, desde que tenham uma conexão com a internet. Essa característica torna os LVAs uma solução acessível para instituições que enfrentam dificuldades financeiras na manutenção de laboratórios físicos e para estudantes que, por motivos geográficos ou de tempo, não podem frequentar aulas presenciais. Além disso, os LVAs permitem que um número ilimitado de usuários acesse o mesmo experimento, tornando o aprendizado mais colaborativo e eficiente.

Os LVAs também se apresentam como uma alternativa para laboratórios físicos que não possuem local ou equipamentos adequados. Muitas instituições de ensino enfrentam desafios como a falta de espaço ou infraestrutura para a realização de experimentos práticos. Os custos associados à manutenção de equipamentos de alta complexidade e à compra de materiais podem ser um obstáculo significativo. Nesse contexto, os LVAs oferecem uma solução prática e eficiente, permitindo que os estudantes realizem experimentos virtuais que simulam, de maneira precisa, as atividades realizadas em laboratórios físicos, proporcionando uma alternativa segura

e acessível. Dessa forma, democratizam o acesso ao aprendizado prático, suprindo a carência de espaços físicos adequados.

No entanto, a falta de uma definição unificada de "laboratório virtual" representa um desafio. Diferentes autores propõem visões complementares que ressaltam a complexidade do conceito. Borges (2002) caracteriza um LVA pelo controle remoto de experimentos, combinando tecnologias de *hardware* e *software* para a simulação de experiências, utilizando recursos multimídia. Outros autores, como Álvares e Ferreira (2003), enfatizam o uso de LVAs como ferramentas para simulações interativas, permitindo o desenvolvimento de experimentos complexos inviáveis em ambientes físicos.

Apesar dessas limitações, os LVAs apresentam inúmeras vantagens. Xavier (2018) destaca que os LVAs permitem que estudantes realizem experimentos que, de outra forma, seriam inacessíveis devido à falta de infraestrutura física ou à distância geográfica. Já Callaghan *et al*. (2008) complementam, afirmando que a *web* e as estratégias de aprendizagem combinadas aos LVAs oferecem métodos realistas para a realização de experiências, permitindo que estudantes remotos desenvolvam habilidades práticas em suas áreas de estudo. Por exemplo, plataformas de dissecação virtual permitem que estudantes de biologia pratiquem técnicas de dissecação em animais virtuais, superando barreiras éticas e logísticas.

Para que os LVAs cumpram sua função educacional de forma eficaz, é fundamental que proporcionem a experimentação prática. Como evidenciado por Dalgarno *et al*. (2009), LVAs que não permitem a realização de simulações deixam de atender plenamente às necessidades dos educandos, especialmente no que diz respeito à preparação para laboratórios físicos. A experimentação, mesmo que virtual, é um elemento ~~essencial~~ importante para a aprendizagem de disciplinas como Física, Química e Biologia, pois promove uma maior compreensão dos conceitos teóricos. Por exemplo, simulações de processos celulares, como a divisão celular ou o funcionamento de organelas, permitem que os discentes visualizem e interajam com fenômenos microscópicos de forma detalhada, o que em um laboratório físico, no caso de muitas escolas, não seria possível, devido à ausência ou ineficiência de microscópicos.

Embora os LVAs sejam amplamente utilizados para promover uma aprendizagem ativa e significativa, existem limitações importantes. Casini, Prattichizzo e Vicino (2003) alertam que as simulações virtuais são representações aproximadas

da realidade e não podem substituir completamente os experimentos físicos. A simplificação excessiva pode comprometer a compreensão dos fenômenos pelos estudantes, se não houver uma contextualização adequada dos modelos utilizados nas simulações. Medeiros e Medeiros (2002) também apontam que a falta de fundamentação teórica nas simulações pode levar à construção de conceitos errôneos, tornando essencial que o docente faça uma avaliação crítica dos recursos virtuais antes de utilizá-los em sala de aula.

Em síntese, os LVAs representam uma ferramenta poderosa para o ensino de ciências, com potencial para complementar os laboratórios tradicionais. Eles oferecem flexibilidade, acessibilidade e segurança, além de proporcionarem uma experiência interativa e colaborativa. Um exemplo significativo é o uso de simuladores de reações químicas, que permite aos estudantes observar e manipular interações em nível molecular. Adicionalmente, plataformas que simulam ecossistemas inteiros permitem que os educandos estudem interações ecológicas complexas e os impactos ambientais de diferentes fatores, fornecendo uma visão abrangente e holística dos sistemas biológicos. No entanto, é crucial que seu uso seja bem planejado e fundamentado, para que as simulações não se tornem uma simplificação excessiva da realidade e comprometam o processo de aprendizagem.

3.1.4 SimBio: Ferramenta Virtual para o Ensino de Divisão Celular

Para o ensino de Biologia, é relevante construir representações que ajudem os estudantes a navegar entre os níveis de percepção da realidade: o macroscópico, o microscópico e o simbólico. Esses níveis servem de base para o entendimento de conceitos complexos, especialmente os microscópicos, que exigem uma habilidade de abstração considerável, pois não são acessíveis diretamente aos sentidos humanos (Sá *et al*., 2008). A aprendizagem de conceitos microscópicos, como aqueles encontrados na Biologia Celular, pode ser um desafio para os alunos devido à natureza abstrata dos temas envolvidos, como o processo de Divisão Celular.

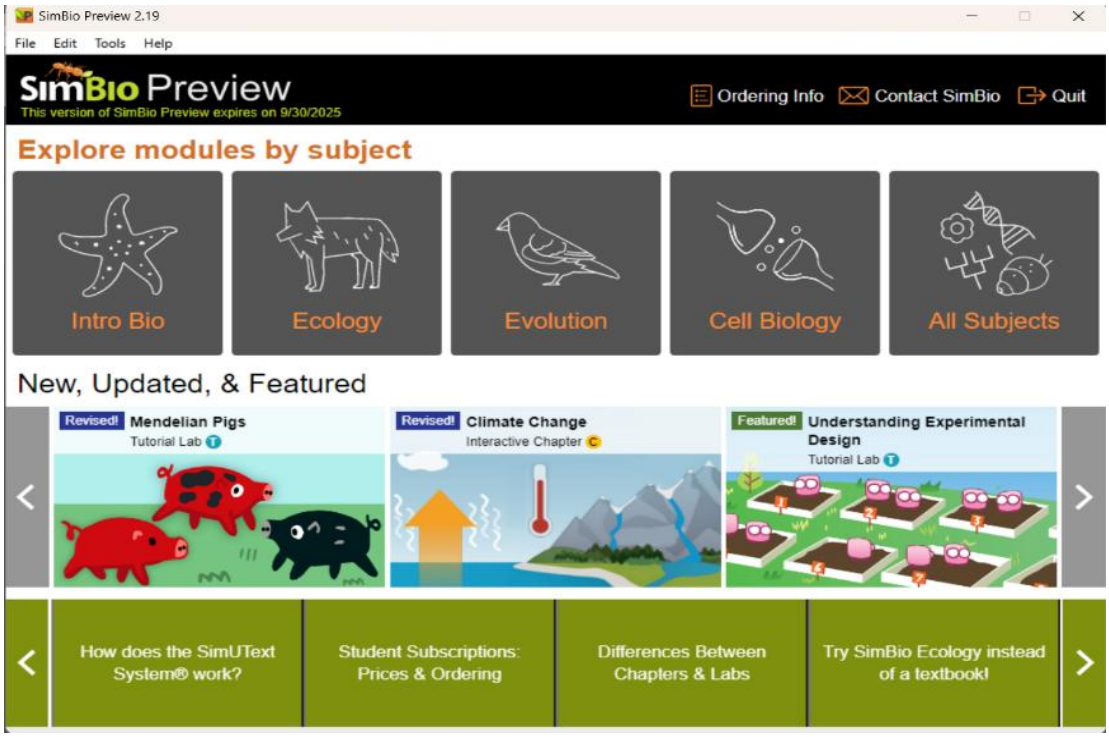
Para auxiliar na construção dessas representações e facilitar o aprendizado, ferramentas tecnológicas têm sido cada vez mais utilizadas no ambiente educacional. Uma dessas ferramentas é o aplicativo SimBio[2], que atua como um laboratório virtual

[2] Link de acesso para o aplicativo SimBio: https://simbio.com/preview-installer/

e proporciona uma visualização interativa dos processos biológicos. Com ele, os estudantes podem explorar cenários de forma prática e imersiva, aproximando-se dos conceitos microscópicos de modo mais concreto.

Na Figura 9, podemos observar a tela inicial do aplicativo SimBio, que surge quando o usuário acessa o sistema. Nessa tela, são exibidas opções e menus que permitem navegar para as diferentes áreas do aplicativo. Uma interface foi projetada de forma intuitiva, facilitando o uso por parte dos estudantes e professores, com ícones e textos explicativos para guiar o usuário em sua jornada de aprendizado. Logo na tela inicial, é possível acessar as principais funcionalidades, como seleção de módulos de aprendizado. A disposição dos elementos na tela visa promover uma experiência fluida e envolvente, estimulando o uso contínuo do aplicativo para o desenvolvimento das atividades educacionais.

Figura 9 – Menu inicial do aplicativo SimBio



Fonte: SimBio (2024).

A SimBio é uma desenvolvedora de ferramentas educacionais dedicada à promoção da aprendizagem ativa em cursos universitários de biologia, com alcance global. Fundada com o objetivo de transformar o ensino da biologia, a empresa posiciona-se na vanguarda da criação de conteúdos interativos que incentivam o aprendizado investigativo e o desenvolvimento do pensamento crítico. O principal

propósito da SimBio é engajar os estudantes na compreensão dos processos biológicos de maneira aprofundada, evitando a mera memorização de teorias, e possibilitando que os discentes cheguem às aulas mais preparados e com uma atitude curiosa e investigativa (SimBio, 2024).

A gênese da SimBio remonta a 1998, quando Eli Meir fundou a empresa, originalmente chamada *Beakerware*, com o intuito de compartilhar o *software* de simulação *EcoBeaker* com um público mais amplo. Desenvolvido inicialmente para o ensino de ecologia por meio de simulações interativas, o *EcoBeaker* marcou o início de uma trajetória voltada à inovação educacional. Em 2003, a empresa foi oficialmente renomeada para SimBio, ampliando suas soluções de aprendizagem. Eli Meir, que possui um PhD em biologia do desenvolvimento pela Universidade de Washington, trouxe sua vasta experiência em técnicas computacionais aplicadas à pesquisa biológica, consolidando a visão de transformar o ensino por meio de ferramentas educacionais. Essa visão foi compartilhada por Ellie Steinberg, que assumiu a presidência da SimBio em 2019 e contribuiu significativamente para a concretização da missão da empresa, juntamente com uma equipe dedicada e colaborativa (SimBio, 2024).

A SimBio desenvolve módulos de ensino que simulam ambientes biológicos complexos, tornando acessíveis conceitos e processos biológicos por meio de gráficos e simulações avançadas. Entre os módulos populares estão o *Keystone Predator*, que explora interações ecológicas, e *o Understanding Experimental Design*, que ensina os princípios do *design* experimental de maneira prática. Pesquisas financiadas pela *National Science Foundation* (NSF) e pelo *National Institutes of Health* (NIH) mostraram eficácia nessas simulações, impactando positivamente o aprendizado. A SimBio utiliza esses estudos para aprimorar suas ferramentas, atendendo às necessidades de educadores e estudantes (SimBio, 2024).

A SimBio destaca-se não apenas pelo *software* inovador, mas também por sua estrutura organizacional singular. Desde 2022, a empresa adotou o modelo de propriedade pelos funcionários, conhecido como *Employee Stock Ownership Plan* (ESOP), refletindo o reconhecimento de Eli Meir sobre a importância de cada colaborador para o sucesso da empresa. Atualmente, mais da metade dos funcionários, chamados de “SimBiots”, estão na SimBio há mais de dez anos, o que demonstra a forte cultura de colaboração e pertencimento.

A liderança da SimBio é composta por profissionais com formações diversificadas em Biologia, Ecologia, Física e Educação, proporcionando uma perspectiva rica e interdisciplinar no desenvolvimento dos módulos de ensino. Ellie Steinberg, presidente e diretora de *marketing*, possui um histórico de ensino e experiência em biologia evolutiva, com o objetivo de tornar as simulações da SimBio tão eficazes quanto suas experiências de campo. A vice-presidente Susan Maruca, especialista em desenvolvimento de conteúdo, contribui com sua paixão por tornar a biologia acessível e envolvente para os estudantes. Derek Stal, o diretor de desenvolvimento de *software*, alia seu *background* em engenharia à sua paixão por *software* educativo, enquanto Eli Meir continua liderando a pesquisa educacional (SimBio, 2024).

A SimBio compromete-se a garantir que seus produtos não sejam apenas interativos, mas também eficazes em termos educacionais. Estudos rigorosos, apoiados por instituições como a NSF, auxiliam na melhoria contínua dos módulos, que são projetados com base em princípios de aprendizagem ativa, permitindo que os estudantes façam descobertas enquanto interagem com os conteúdos e incentivando o aprendizado autônomo.

A SimBio oferece uma vasta gama de módulos que abrangem temas essenciais da biologia. O *SimUText Ecology* é um dos produtos destacados, facilitando o aprendizado de ecologia com uma abordagem prática e experimental. Outros módulos populares incluem *Cellular Respiration Explored e Genetic Drift and Bottlenecked Ferrets,* que apresentam conceitos complexos de biologia celular e genética de forma prática e visual. Cada módulo é cuidadosamente elaborado por uma equipe de biólogos, educadores, programadores e *designers* gráficos, incluindo profissionais como Izzy Buck e Joshua T Quick, que transformam conceitos científicos em simulações visuais ricas e interativas, tornando a experiência de aprendizado imersiva e estimulante para os estudantes (SimBio, 2024).

Os usuários podem acessar a SimBio (SimBio, 2024) em seus sistemas operacionais Windows e MacOS, aproveitando uma interface que utiliza simulações interativas e ferramentas dinâmicas para facilitar a aprendizagem ativa. Com o aplicativo inteiramente em inglês, uma estratégia eficaz para a inclusão dos usuários é a criação de roteiros traduzidos. Esses roteiros ajudam a orientar os estudantes não fluentes no idioma, permitindo que aproveitem ao máximo os recursos oferecidos. Professores e instituições podem fornecer esses roteiros para auxiliar na

compreensão e utilização das simulações, garantindo que todos os alunos possam participar plenamente das atividades.

4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Nesta seção, detalhamos os procedimentos metodológicos adotados nesta pesquisa. Ressalta-se que o levantamento e a análise dos dados foram conduzidos a partir de uma abordagem metodológica qualitativa, com um caráter exploratório a partir dos objetivos estabelecidos, visando compreender de maneira profunda os fenômenos investigados por meio de procedimentos que caracterizam esta pesquisa como uma observação participante.

A subseção 4.1 descreve o espaço de pesquisa, especificando o contexto e as características do ambiente onde a investigação foi realizada. Em seguida, abordamos as características dos sujeitos da pesquisa, destacando seu perfil e a forma como foram selecionados.

Continuamos com a subseção 4.2 que descreve os procedimentos adotados para a constituição dos dados, esclarecendo as estratégias de coleta. Em seguida, apresentamos o desenvolvimento do trabalho, detalhando as etapas e os desafios enfrentados ao longo da pesquisa, seguindo do detalhamento da Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS), destacando sua estrutura e objetivos pedagógicos.

Por fim, na subseção 4.3 detalhamos os instrumentos de análise utilizados, explicando como cada um contribuiu para responder às questões de pesquisa.

4.1 ASPECTOS GERAIS DA PESQUISA

O levantamento e a análise dos dados foram realizados a partir de uma abordagem metodológica qualitativa, com o objetivo de compreender de maneira aprofundada as especificidades do assunto investigado. Nesse sentido, os objetivos da pesquisa direcionaram o estudo para uma tipologia exploratória, buscando interpretar as particularidades do objeto de investigação (Dourado; Ribeiro, 2023).

A pesquisa qualitativa tem como um de seus principais propósitos compreender as intenções e os significados atribuídos pelos sujeitos aos fenômenos estudados. Segundo Coutinho (2014), essa abordagem não se concentra apenas nos comportamentos, mas nas intenções e nas interações sociais dos envolvidos. Além disso, a pesquisa qualitativa se alicerça no método indutivo, ou seja, permite que o pesquisador construa compreensões sem impor expectativas prévias ao fenômeno estudado (Mertens, 1998).

A escolha pela pesquisa qualitativa, segundo Becker (2007), é de ordem prática e não ideológica, sendo orientada pelos objetivos do estudo e pelo tipo de fenômeno investigado. Essa abordagem permite ao pesquisador examinar fenômenos em sua complexidade, considerando o contexto e as relações sociais que os envolvem. Como argumentam Creswell (2014) e Flick (2009), o processo de idealização da teoria dentro da pesquisa qualitativa ocorre de forma sistemática à medida que os dados empíricos emergem. Isso implica que, embora o pesquisador possua um arcabouço teórico inicial, novas compreensões podem surgir ao longo da pesquisa, reformulando perguntas e objetivos.

A natureza exploratória da pesquisa justifica-se pela necessidade de investigar um tema ainda pouco explorado no ensino de biologia: a eficácia dos LVAs na promoção da aprendizagem significativa. Estudos exploratórios são fundamentais para mapear fenômenos, levantar hipóteses e identificar padrões emergentes, conforme discutido por Malinowski (2018). Esse tipo de pesquisa permite que novas perguntas surjam ao longo do processo, conforme os dados são coletados e analisados, contribuindo para um entendimento mais aprofundado do objeto de estudo.

Para garantir a aplicação prática da pesquisa, ela foi conduzida em um colégio estadual localizado no município de Paranavaí, no noroeste do Paraná. A escolha dessa instituição se deu tanto pela sua relevância no cenário local quanto pela diversidade de modalidades de ensino oferecidas. De acordo com os dados do Projeto Político Pedagógico (PPP, 2018, p. 9), o colégio contava com um total de 390 alunos no turno matutino e vespertino, além de 168 alunos no turno noturno com os cursos técnicos. Dos 390 estudantes, 205 estavam no Ensino Fundamental (EF) e 185 alunos no Ensino Médio (EM), que se beneficiam de uma formação educacional abrangente e de qualidade De acordo com o portal QEdu, os dados do IDEB de 2023 indicam que o colégio obteve um desempenho de 6,2 para o EF e 5,2 para o EM (QEdu, 2023).

Fundado em 15 de fevereiro de 1959, o colégio tem uma rica trajetória histórica, tendo sido inicialmente conhecido como 2º Grupo Escolar de Paranavaí (PPP, 2018, p. 31). Ao longo dos anos, a instituição passou por diversas transformações, adaptando-se às mudanças nas diretrizes educacionais e expandindo suas ofertas para incluir o Ensino Fundamental, Médio e cursos técnicos. A partir de 1977, o colégio incorporou a Escola Técnica de Contabilidade, ampliando ainda mais sua proposta pedagógica.

A estrutura física do colégio é composta por um terreno de 9.964,75 m², com 2.187,25 m² de área construída. A instituição possui 12 salas de aula, laboratórios de informática e ciências, uma biblioteca, uma cozinha equipada e um pátio que serve como espaço para a merenda escolar. Embora a cozinha esteja em ótimo estado de conservação, há uma necessidade urgente de construção de um refeitório para acomodar os alunos de forma adequada durante as refeições. Além disso, a escola conta com uma quadra de esportes e áreas externas que, embora sejam amplas, carecem de cobertura para a realização de atividades ao ar livre.

Os materiais disponíveis na escola incluem multimídias, *notebooks*, *tablets*, computadores, livros didáticos e paradidáticos, além de *kits* de materiais escolares que são fornecidos aos discentes quando solicitados. Essa infraestrutura e os recursos pedagógicos disponíveis são fundamentais para a promoção de um ambiente de aprendizagem eficaz e dinâmico.

O colégio já está implementando o novo ensino médio, que foi introduzido pela Lei nº 13.415/2017 e começou a ser efetivamente aplicado em 2022. Essa nova abordagem curricular visa proporcionar uma formação mais flexível e diversificada, permitindo que os alunos escolham itinerários formativos que se alinhem aos seus interesses e aspirações profissionais. Além disso, a escola adota a proposta de educação integral, que busca promover o desenvolvimento integral dos alunos, considerando não apenas o aspecto acadêmico, mas também o social, emocional e cultural.

Em relação aos responsáveis pelos alunos, dados coletados e apresentados no Projeto Político Pedagógico (PPP, 2018, p. 17) do colégio revelaram que as famílias dos estudantes possuem diferentes perfis socioeconômicos, culturais e estruturais, abrangendo assalariados, desempregados, comerciantes e profissionais liberais. Grande parte das famílias residem em casa própria, enquanto outros moram em casa alugada ou cedida. O número médio de filhos por família é de três, sendo que 40% dos alunos residem com. os pais, 25% com a mãe, 3% com o pai, 4% com os avós e 2% com outras pessoas da família ou não e 15% dos alunos são casados. Observa-se a necessidade da mãe trabalhar para fortalecer o orçamento familiar, o que muitas vezes resulta em seu afastamento do ambiente doméstico, criando um distanciamento entre pais e filhos e comprometendo o plano afetivo, moral e o convívio familiar.

Além disso, o PPP de 2018 destacou que a maioria dos pais dos discentes do colégio buscava proporcionar uma educação de qualidade para seus filhos. Os estudantes, por sua vez, expressam a expectativa de que a escolaridade os ajude a conseguir um emprego e a continuar seus estudos. Apenas um pequeno grupo de estudantes não apresentava expectativas em relação à escola, frequentando as aulas por obrigação, seja por parte dos pais ou por determinação judicial. Os dados de 2018 também indicaram que a maioria dos alunos provém de famílias melhores estruturadas, com condições socioeconômicas razoáveis.

A caracterização do espaço escolar de pesquisa é fundamental para compreender as condições em que as práticas pedagógicas se desenvolvem, assim como as interações entre alunos, professores e a comunidade escolar. Essa análise do contexto escolar permite identificar as influências do ambiente na dinâmica de ensino-aprendizagem, destacando como fatores socioeconômicos, culturais e estruturais impactam tanto o processo educacional quanto a formação de cidadãos críticos e conscientes. A compreensão desse cenário é essencial para a implementação de estratégias pedagógicas mais eficazes, alinhadas às necessidades reais dos estudantes e à realidade do estudante, promovendo, assim, um ensino mais inclusivo e transformador.

Os sujeitos participantes da pesquisa foram os estudantes regularmente matriculados no colégio, pertencentes à turma “C” do 1º ano do EM, no ano de 2024. A turma era composta por 30 estudantes, dos quais 27 participaram integralmente das atividades propostas da UEPS implementada até a conclusão do estudo. Para garantir a privacidade e a confidencialidade dos participantes e de seus dados, a identificação foi efetivada por meio de códigos no formato “A” (de aluno) seguido por um número de identificação, atribuído com base na ordem alfabética. Os sujeitos da pesquisa tinham entre 15 e 17 anos e eram todos residentes de bairros próximos ao colégio.

As aulas regulares da turma ocorreram no período matutino, com duas aulas semanais dedicadas à disciplina de Biologia. A intervenção da mestranda iniciou-se na terceira semana de maio de 2024, totalizando sete horas-aula distribuídas ao longo dessa e das semanas subsequentes. Durante a apresentação inicial da pesquisa, a mestranda introduziu sua filiação institucional, respondendo a questionamentos sobre sua trajetória acadêmica.

O Quadro 3 apresenta os horários das aulas de Biologia da turma da 1ª série C, que ocorrem no turno matutino.

Quadro 3 - Horário das Aulas Semanais de Biologia na 1º série C

Dia da semana	Horário das aulas	Série
Quinta-feira	07h30 – 08h20	
	08h20 – 09h10	
	09h10 – 10h00	1º C
	10h15 – 11h05	1º C
	11h05 – 11h55	
	11h55 – 12h45	

Fonte: elaborado pela autora, 2024.

É importante destacar que, por se tratar de um estudo envolvendo seres humanos, os dados devem seguir rigorosamente os protocolos de ética na pesquisa. Referências da bioética, tais como: autonomia, beneficência, não maleficência, justiça e equidade, privacidade e confidencialidade, e visa assegurar os direitos e deveres que dizem respeito aos participantes da pesquisa, à comunidade científica e ao Estado. Além disso, o estudo deve ser submetido à apreciação e aprovação de um Comitê de Ética em Pesquisa (CEP), conforme estipulado no capítulo VII.2 da Resolução Nº 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde (Brasil, 2013, p. 8), sendo os CEP:

> Um colegiado interdisciplinar e independente, de relevância pública, de caráter consultivo, deliberativo e educativo, criado para defender os interesses dos participantes da pesquisa em sua integridade e dignidade e para contribuir no desenvolvimento da pesquisa dentro de padrões éticos.

Considerando a relevância dos aspectos éticos na pesquisa, este estudo foi submetido e aprovado pelo CEP da Universidade Estadual do Paraná (UNESPAR), com parecer consubstanciado emitido sob o Certificado de Apresentação para Apreciação Ética (CAAE) nº 79308524.6.0000.9247e parecer nº 6.819.994.

Desta forma, antes do início da etapa aplicada da pesquisa, os participantes receberam o Termo de Assentimento Livre e Esclarecido (TALE) e o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), além do Termo de Autorização De Uso De Imagem e Voz para menores de 18 anos. A participação foi voluntária e não obrigatória, com ambos os documentos detalhando a justificativa, os objetivos e os procedimentos da pesquisa, além de abordar possíveis desconfortos, riscos e benefícios esperados.

4.2 LEVANTAMENTO E CONSTITUIÇÃO DOS DADOS

No primeiro momento da pesquisa, realizamos uma fundamentação teórica centrada no Novo Ensino Médio (NEM) no contexto brasileiro, com ênfase na área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias (CNT), abordando especificamente o ensino da Divisão Celular. O embasamento teórico foi sustentado pela legislação educacional brasileira contemporânea, como a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), Lei de Diretrizes e Bases da Educação (LDB) de 1996 e os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN). Além disso, a pesquisa se apoiou na TAS, na abordagem da UEPS e no uso de MC, com suporte de autores como David P. Ausubel, Joseph D. Novak, Helen Hanesian, Marco A. Moreira e Elcie A. F. S. Masini, entre outros.

Com esse aporte teórico, elaboramos a UEPS, com o objetivo de implementá-la no Ensino Médio de uma turma de 1º ano de uma escola estadual. O tema escolhido para a sequência didática foi a Divisão Celular, dada a sua complexidade e as dificuldades comuns de ensino-aprendizagem associadas ao tema. Após a escolha do tema, foram definidos os principais conceitos a serem abordados e os objetivos de aprendizagem a serem atingidos, de acordo com o 1º passo da UEPS.

Com base nessa definição, foi planejada a UEPS com uma diversidade de atividades, como: exibição de vídeo sobre o conteúdo escolhido, aula expositiva dialogada, utilização de simuladores virtuais para estudar meiose e mitose, leituras de textos, discussão em grupo e elaboração de mapas conceituais (MCs).

Foram aplicados dois questionários: um pré-teste para identificar os conhecimentos dos estudantes e um pós-teste para avaliar os conhecimentos adquiridos ao longo da sequência. Vale destacar que os questionários do pré e do pós-teste não foram idênticos, embora abordassem os mesmos conceitos, a fim de evitar respostas decoradas e avaliar efetivamente a aprendizagem. Após a aplicação inicial, a UEPS precisou ser reelaborada devido à identificação de lacunas importantes nos conhecimentos prévios dos alunos. A versão final da UEPS, apresentada no Quadro 4, foi desenvolvida em conformidade com os oito passos propostos por Moreira (2011) e aplicada ao longo de sete aulas, cada uma com duração de 50 minutos.

Quadro 4 - UEPS sobre Divisão Celular

UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA – UEPS				
Tema:	DIVISÃO CELULAR			
Autoras:	Eloiny Fernanda de Souza e Marcia Regina Royer			
Data:	Maio / Junho de 2024			
Instituição de Ensino:	Colégio estadual localizado no noroeste do Paraná			
Município:	Paranavaí			
Série/Etapa:	1ª Série C do Ensino Médio Regular			
Duração:	7 h/a			
Número de participantes:	27 discentes			
Passos da UEPS	Aporte teórico	Etapa didática	Aula	Procedimento
1	Escolha do tema e dos objetivos			
2	Conhecimento prévio	Situações-problema	1	• Exibição do vídeo " Entenda a DIVISÃO CELULAR | Mitose e Meiose" (4'31") e discussão; • Questionário pré-teste.
3	Organizadores prévios	Situações - problema em nível introdutório	1 e 2	• Leitura e discussão de texto sobre o tema; • Elaboração dos MCAs.
4	Diferenciação progressiva	Nova situação-problema	3	• Aula expositiva dialogada sobre Meiose e Mitose.
5	Reconciliação integradora	Retomada dos conceitos em nível mais alto de complexidade	4 e 5	• Laboratório Virtual de Aprendizagem: Simbio e discussão.
6	Diferenciação progressiva na perspectiva integrativa	Retomada dos aspectos mais relevantes do conteúdo com nova apresentação de significados.	6	• Problematização a partir do uso dos LVAs da aula anterior.
7	Evidências da captação de significados	Avaliação da aprendizagem	7	• Elaboração dos MCBs; • Questionário pós-teste.
8	Evidências daAS	Avaliação da UEPS		

Fonte: elaborado pela autora (2024).

Importante destacar que a mestranda não era professora regente da turma, mas recebeu autorização da professora responsável, além da autorização da

instituição de ensino e do núcleo regional de educação responsável pela mesma. A pesquisa foi conduzida com a turma do 1º C do Ensino Médio (EM). Inicialmente, a sequência foi planejada para ocorrer em 5 aulas de 50 minutos, mas, devido a uma greve e imprevistos no uso dos computadores, foi necessário estender o plano para sete aulas.

Ressaltamos que a greve dos professores e funcionários da rede estadual de educação do Paraná foi desencadeada pela ausência de diálogo prévio entre o governo estadual, a Secretaria de Educação (Seed) e a categoria, em relação ao Programa Parceiro da Escola. Proposto pelo governador Ratinho Jr., o programa prevê a privatização de mais de 200 escolas estaduais, o que gerou forte resistência por parte dos profissionais da educação (Fernandes, 2024). Em Paranavaí, professores de diversas escolas estaduais, incluindo o colégio onde a sequência estava sendo implementada, aderiram ao movimento grevista. Essa adesão impactou diretamente o cronograma das atividades, aumentando o número de aulas necessárias para a aplicação da sequência planejada.

A implementação da sequência didática começou com a ativação dos conhecimentos prévios dos estudantes. Na primeira aula, foi exibido um vídeo sobre Meiose e Mitose, com o objetivo de despertar o interesse dos alunos pela temática e, também, para tentar ativar o conhecimento interiorizado de cada um, já que havia um receio por parte da docente de que os estudantes não lembrassem ou não soubessem nada sobre o tema. Em seguida, aplicamos o questionário pré-teste, que foi respondido pelos discentes de forma individual, sem consulta a materiais. O objetivo desse questionário foi levantar as concepções iniciais dos estudantes sobre os processos de divisão celular, possibilitando um diagnóstico das ideias pré-existentes.

Com base nas respostas do questionário pré-teste, foi possível realizar ajustes na UEPS e selecionar os organizadores prévios que facilitaram o desenvolvimento do conteúdo. Os estudantes foram organizados em grupos para a leitura de um texto introdutório sobre o tema, com o objetivo de apresentar o conteúdo de maneira geral antes de avançarmos para aspectos mais específicos.

Na segunda aula, a sequência foi avançada com o uso de MCs como ferramenta pedagógica. Os estudantes foram divididos em grupos e responderam a questões relacionadas ao texto discutido, com base em materiais impressos fornecidos. Após a resolução, as respostas foram compartilhadas com a turma e discutidas coletivamente, com o objetivo de formular as respostas cientificamente

aceitas. Na sequência, em grupo, os estudantes elaboraram seus próprios MC iniciais (MCAs), refletindo sobre as inter-relações entre os conceitos de mitose e meiose. A elaboração dos MCAs foi um momento de negociação de significados, fundamental para a construção de um entendimento mais profundo dos conceitos abordados, conforme proposto por Moreira (2010). Durante esse momento, os MCAs foram utilizados como diagnóstico inicial para compreender a forma como os alunos já viam os conceitos de meiose, mitose e outros tópicos relacionados.

Após a criação dos MCAs, os estudantes apresentaram oralmente seus mapas, explicando as relações que haviam estabelecido entre os conceitos. Essas apresentações foram gravadas em áudio, permitindo a análise posterior das explicações dadas pelos discentes. O uso dos MCs, como destacou Moreira (2010), tem grande valor, pois permite externalizar e refletir sobre os significados das relações entre os conceitos.

Nos encontros seguintes, as aulas foram para o aprofundando do conteúdo. Na terceira aula, foi realizada uma aula expositiva dialogada, com o uso de *slides* e recursos visuais projetados na *smart* TV, que detalhou os principais pontos dos processos de DC. Durante essa etapa, abordamos tanto a mitose quanto a meiose, detalhando os mecanismos biológicos de cada processo.

Nas quartas e quintas aulas, os estudantes tiveram a oportunidade de interagir com o Simbio, um animador e simulador virtual que ilustra processos celulares de forma prática e interativa. Este recurso foi um dos pilares da UEPS, sendo utilizado ao longo de duas aulas para permitir que os estudantes visualizassem e manipulassem as estruturas celulares envolvidas no processo de divisão celular. O uso dessa tecnologia possibilitou uma compreensão mais aprofundada dos conceitos, facilitando a visualização de processos que, sem o apoio de recursos visuais, seriam mais complexos de entender.

O Simbio apresenta animações detalhadas sobre mitose e meiose. Como o aplicativo está disponível apenas em inglês, foi desenvolvido um roteiro didático em português, contendo instruções claras e organizadas passo a passo, para garantir que todos os estudantes pudessem compreender e interagir corretamente com o conteúdo.

Após o uso do Simbio, os estudantes trabalharam em grupos para resolver situações-problema baseadas nos conteúdos discutidos, utilizando o simulador como apoio. Após as discussões em grupo, houve uma reflexão coletiva sobre as respostas

encontradas, sempre buscando alinhamento com os conceitos científicos estabelecidos.

Na sexta aula, foi realizada a problematização sobre o uso do simulador e das animações da aula anterior. Os discentes foram organizados em grupos, os mesmos que haviam trabalhado na elaboração dos MCs, e a docente-pesquisadora conduziu uma discussão focada na análise das atividades realizadas com o LVAs. Durante essa interação, houve uma negociação de significados, na qual os estudantes puderam revisar e aprofundar suas compreensões sobre os processos de divisão celular. Além disso, a docente esclareceu dúvidas que surgiram durante a utilização do Simbio, garantindo que os alunos pudessem consolidar o aprendizado de maneira mais clara e precisa.

Já na sétima aula ocorreu a reformulação dos MCs, momento no qual foi iniciada a elaboração dos MCs finais (MCBs), com base nos conhecimentos adquiridos ao longo das aulas. Esse momento foi acompanhado de perto pela professora-pesquisadora, que atuou como mediadora, incentivando a reflexão dos educandos sobre as relações conceituais e estimulando a negociação de significados. As apresentações dos MCBs também foram gravadas em áudio para posterior análise. Esses MCBs visaram refletir a aprendizagem adquirida ao longo do processo, permitindo uma comparação direta entre o conhecimento inicial e o conhecimento construído. Assim, os MCAs e os MCBs serviram como instrumentos para mapear a evolução do conhecimento dos estudantes em termos de organização e integração dos conceitos.

Por fim, os estudantes responderam individualmente ao questionário pós-teste (apêndice D), cujo objetivo foi avaliar o aprendizado alcançado durante a implementação do UEPS. O 8º e último passo da sequência consistiu na análise dos dados coletados, visando identificar evidências de aprendizagem significativa. A avaliação foi conduzida de maneira contínua e recursiva, considerando as gravações das apresentações orais, os MCs e os resultados dos questionários. O objetivo foi compreender a evolução dos conceitos e as relações significativas estabelecidas pelos estudantes ao longo da sequência.

Ademais, as observações das aulas foram registradas no diário de campo, oferecendo uma visão mais detalhada sobre as dificuldades e contribuições em cada etapa da sequência didática. Essa técnica foi utilizada para acompanhar a evolução dos alunos, como destacado por Halmann (2007), que descreve o diário de campo

como um importante recurso para revisitar e avaliar o desenvolvimento dos temas abordados.

Esse processo metodológico, que integrou o uso de MCs, animações, simulações e atividades interativas, visou superar as dificuldades de compreensão relacionadas ao tema da divisão celular. Por meio dessas estratégias, buscou-se promover uma aprendizagem significativa nos estudantes do 1º ano do Ensino Médio.

Outrossim, é válido ressaltar que a participação dos estudantes nesta pesquisa foi totalmente voluntária, com consentimento livre e esclarecido. As informações obtidas foram analisadas por grupos e utilizadas somente para os fins desta pesquisa.

Sobretudo, o projeto foi submetido para aprovação à Plataforma Brasil, uma base nacional e unificada de registros de pesquisas envolvendo seres humanos para todo o sistema CEP/Conep, conforme o apêndice E e F. As autorizações das instituições, para o desenvolvimento da pesquisa em suas instalações, apresentam-se nos apêndices G e H, ao final deste trabalho. Da mesma forma, no anexo A, B e C, apresentamos o termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE), termo de assentimento livre e esclarecido (TALE) e o termo de autorização de uso de imagem e voz, entregue aos sujeitos participantes da pesquisa.

4.3 ANÁLISE DOS DADOS

Antes de iniciarmos a análise propriamente dita, é importante esclarecer quais elementos foram considerados como dados nesta dissertação, visto que a definição precisa de dados é essencial para a compreensão do processo de análise e interpretação. Dito isso, os dados utilizados e analisados neste estudo englobam uma série de registros obtidos ao longo da pesquisa, que permitem avaliar de forma detalhada o impacto das intervenções pedagógicas. Esses dados são compostos pelos seguintes elementos:

1. **Respostas aos questionários pré-teste e pós-teste**: Estes questionários foram fundamentais para captar o nível de conhecimento dos participantes antes e após a aplicação da Unidade de Ensino e Prática Significativa (UEPS). O questionário pré-teste foi utilizado para identificar o conhecimento prévio dos estudantes sobre o tema abordado, enquanto o pós-teste visou verificar as mudanças e os avanços conceituais dos discentes após a aplicação das atividades propostas. A análise das respostas desses questionários permitiu

uma comparação entre o conhecimento inicial e final dos alunos, evidenciando os impactos diretos das intervenções realizadas.

2. **Mapas Conceituais Iniciais (MCAs) e Mapas Conceituais Finais (MCBs)**: Os MCAs e MCBs foram utilizados como ferramentas de avaliação formativa, sendo cruciais para analisar o processo de aprendizagem dos alunos. Os MCAs, elaborados antes da aplicação da UEPS, serviram para identificar como os alunos estruturavam seus conhecimentos sobre o tema em questão, permitindo observar as relações entre os conceitos em um estágio inicial. Já os MCBs, elaborados após a aplicação da UEPS, possibilitaram avaliar a evolução da compreensão dos estudantes, verificando a hierarquização dos conceitos e a capacidade de interligar e organizar essas informações de maneira mais coerente. A análise comparativa entre os MCAs e MCBs foi fundamental para identificar não apenas o avanço no entendimento dos alunos, mas também a qualidade da explicação e a profundidade das conexões feitas entre os conceitos.
3. **Gravações em áudio da leitura dos mapas**: As gravações em áudio das apresentações orais dos estudantes, nas quais eles realizaram a leitura de seus mapas conceituais, forneceram uma camada adicional de dados para a análise. Embora os MCAs e MCBs representem visualmente as relações entre os conceitos, as gravações permitiram captar aspectos do processo cognitivo que não estavam explicitamente presentes nos mapas. Durante a leitura, os alunos podem fornecer explicações adicionais, esclarecer pontos que não estavam claros nos mapas ou até mesmo expressar novos significados à medida que explicavam as inter-relações entre os conceitos. Esse material foi analisado para complementar os dados dos mapas, oferecendo uma compreensão mais completa e dinâmica dos avanços e desafios encontrados pelos alunos.
4. **Anotações no diário de campo**: As anotações realizadas pela pesquisadora no diário de campo desempenharam um papel crucial na análise dos dados. Nesse diário, foram registrados observações sobre as dificuldades enfrentadas pelos alunos durante as atividades, seus avanços conceituais e outras informações relevantes que surgiram ao longo do processo de pesquisa. Essas anotações ajudaram a fornecer contexto adicional aos dados quantitativos e qualitativos obtidos por meio dos outros instrumentos, permitindo uma

interpretação mais rica e detalhada dos resultados. Além disso, as observações feitas no diário de campo possibilitaram à pesquisadora refletir sobre as possíveis causas dos resultados observados, oferecendo uma justificativa mais sólida para as conclusões tiradas com base nos dados analisados.

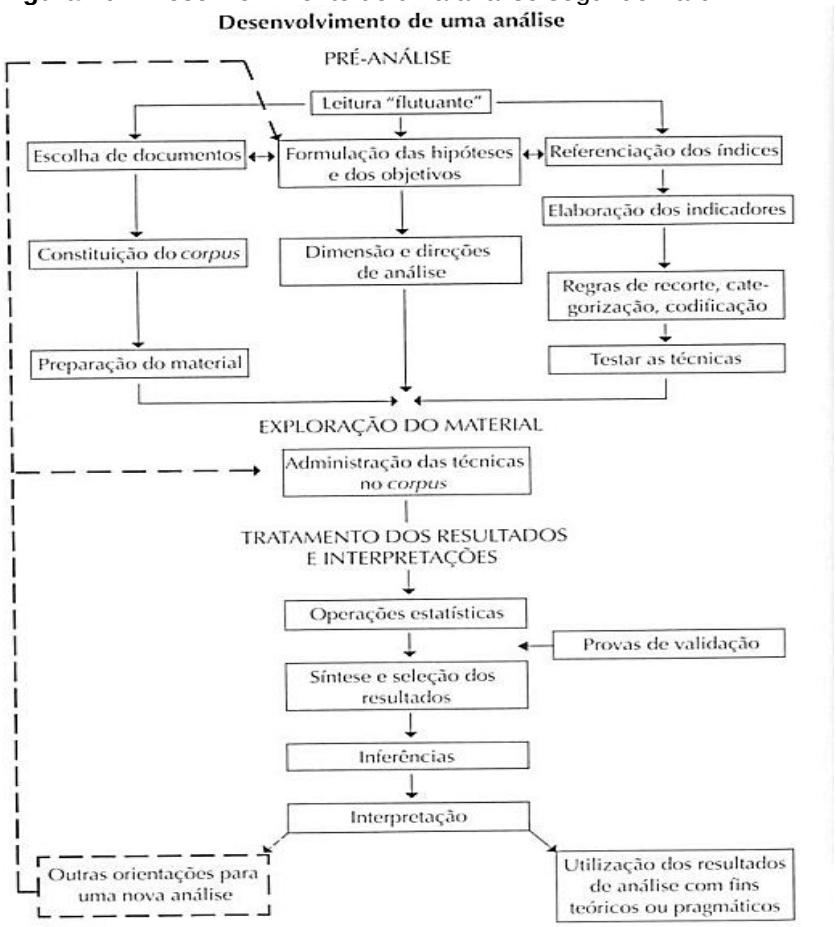
Esses dados, quando analisados de forma integrada, forneceram uma visão abrangente e detalhada sobre o processo de aprendizagem dos alunos, permitindo identificar os avanços e as dificuldades encontradas ao longo da sequência didática. A combinação de diferentes fontes de dados – questionários, mapas conceituais, gravações de áudio e anotações no diário de campo – possibilitou uma análise mais completa e robusta, capaz de evidenciar não apenas o progresso conceitual dos estudantes, mas também as nuances do processo de aprendizagem, que muitas vezes não são evidentes apenas a partir de uma única fonte de dados.

Com base na definição dos dados a serem analisados, a análise seguiu a metodologia de análise de conteúdo proposta por Bardin (2016), estruturada em três etapas principais: pré-análise, exploração do material e interpretação.

A Figura 10 ilustra o desenvolvimento da análise de dados conforme a metodologia proposta por Bardin.

Inicialmente, na fase de pré-análise, os dados coletados foram organizados a partir dos questionários pré-teste e pós-teste, dos MCAs e MCBs, das gravações em áudio e das anotações no diário de campo. Essa etapa permitiu uma leitura inicial do material, possibilitando um primeiro contato com os registros e a formulação de hipóteses e objetivos de análise. A seleção dos documentos seguiu critérios de pertinência, exaustividade e representatividade, garantindo que o *corpus* analisado estivesse alinhado aos propósitos da pesquisa. Durante essa fase, também foram identificadas lacunas nos dados e foram estabelecidos os critérios de classificação, visando definir as categorias e subcategorias que orientariam as etapas subsequentes.

Figura 10 – Desenvolvimento de uma análise segundo Bardin



Fonte: Bardin (2016, p. 132).

Na fase de exploração do material, os dados foram codificados e categorizados. As respostas dos participantes foram classificadas em duas categorias principais: respostas adequadas/respostas parcialmente adequadas e respostas inadequadas/não respondidas. Esse processo envolveu a segmentação das informações em unidades de registro, como palavras e frases-chave, e unidades de contexto, como sentenças e parágrafos inteiros. Além disso, os MCs desempenharam um papel central na avaliação formativa. Os MCAs, elaborados após a introdução ao conteúdo, foram fundamentais para identificar os conhecimentos prévios dos estudantes e compreender a forma como estruturavam suas ideias antes das intervenções. Já os MCBs refletiram as transformações conceituais ocorridas ao longo do processo, permitindo a análise da diferenciação progressiva (quando os conceitos se tornaram mais específicos) e da reconciliação integrativa (quando os conceitos foram melhor conectados e organizados). A comparação entre os MCAs e MCBs foi essencial para avaliar a evolução do entendimento dos estudantes.

As gravações em áudio das apresentações dos estudantes também foram analisadas, seguindo os critérios de Bardin (2016), o que possibilitou uma compreensão mais detalhada dos elementos da aprendizagem significativa presentes nas explicações orais. A triangulação dos dados obtidos com as gravações e as anotações no diário de campo permitiu uma análise mais profunda das dificuldades enfrentadas pelos alunos e dos avanços conceituais alcançados ao longo da sequência didática. As anotações no diário de campo foram valiosas, pois captaram observações espontâneas dos discentes, o que enriqueceu ainda mais a análise.

Por fim, a fase de interpretação e inferência envolveu uma análise aprofundada dos dados categorizados à luz das proposições teóricas estabelecidas. Nesse momento, buscamos compreender os avanços conceituais dos estudantes e os impactos das intervenções pedagógicas, articulando os diferentes instrumentos utilizados para proporcionar uma visão mais completa do processo de aprendizagem.

Esse processo integrado garantiu uma abordagem robusta e detalhada da análise, evidenciando o impacto da sequência didática na construção de uma aprendizagem significativa. O processo foi detalhado e sintetizado no Quadro 5, que resume os instrumentos de coleta, os objetivos de análise e os procedimentos realizados.

Quadro 5 - Resumo do Método de Análise dos Dados

Instrumentos de coleta de dados	**Objetivos da análise dos resultados**	**Análise dos resultados**
Questionário pré-teste	Levantar os conhecimentos prévios	As respostas ao questionário pré-teste foram categorizadas de acordo com o critério resposta adequada/parcialmente adequada à temática e respostas inadequadas/não respondidas.
Diário de campo	Identificar contribuições e dificuldades em cada etapa da sequência didática	As anotações realizadas pela pesquisadora no diário de campo, foram lidas, buscando contribuições, variáveis e dificuldades de cada etapa.

MCA / MCB	Verificar a evolução conceitual	A análise comparou o número de relações significativas e a hierarquização entre o MCA e MCB de cada grupo.
MCB; Gravações em áudio; Questionário pós-teste	Identificar evidências da AS	A análise do MCB e da explicação oral do Mapa de cada grupo investigou relações significativas entre os conceitos e ligações verticais e horizontais representando diferenciação progressiva e reconciliação integrativa, respectivamente. O questionário pós-teste foi analisado buscando a adequação nas categorias definidas *a priori (Capacidade de explicar; Captar significados; Diferenciar progressivamente e; Capacidade de aplicar os conhecimentos)*, sendo cada categoria representada por uma questão e gravações de voz da leitura dos mapas.

Fonte: elaborado pela autora, 2024.

Este processo de análise possibilitou uma compreensão detalhada das respostas dos participantes e dos impactos das intervenções pedagógicas, permitindo identificar tanto os avanços conceituais quanto as dificuldades que surgiram durante o desenvolvimento da pesquisa.

5 RESUTADOS E DISCUSSÃO

Apresentamos a seguir os resultados e a discussão da análise realizada, com base nos procedimentos metodológicos descritos na Seção 4. Inicialmente, discutiremos nossas considerações sobre os materiais empregados na sequência didática, os quais foram avaliados como potencialmente significativos. Em seguida, apresentaremos os resultados provenientes dos instrumentos de coleta de dados utilizados nesta pesquisa.

5.1 MATERIAIS POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVOS

A implementação da Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) neste estudo contou com diversos recursos didáticos, como simuladores virtuais, vídeos educativos, textos alternativos e atividades colaborativas, que foram fundamentais para o ensino da Divisão Celular (DC). A análise dos dados obtidos por meio dos questionários pré-teste e pós-teste, mapas conceituais e registros do diário de campo permitiu avaliar a influência desses materiais na aprendizagem dos estudantes.

O simulador virtual SimBio, utilizado durante as atividades, proporcionou uma experiência interativa e dinâmica para a visualização dos processos de mitose e meiose. A ferramenta permitiu que os estudantes acompanhassem, em tempo real, etapas fundamentais desses processos, como a condensação cromossômica, o alinhamento dos cromossomos na placa metafásica e a formação das células-filhas. Além disso, a possibilidade de manipular os elementos dentro do simulador favoreceu uma aprendizagem mais exploratória, estimulando a curiosidade e o engajamento dos alunos.

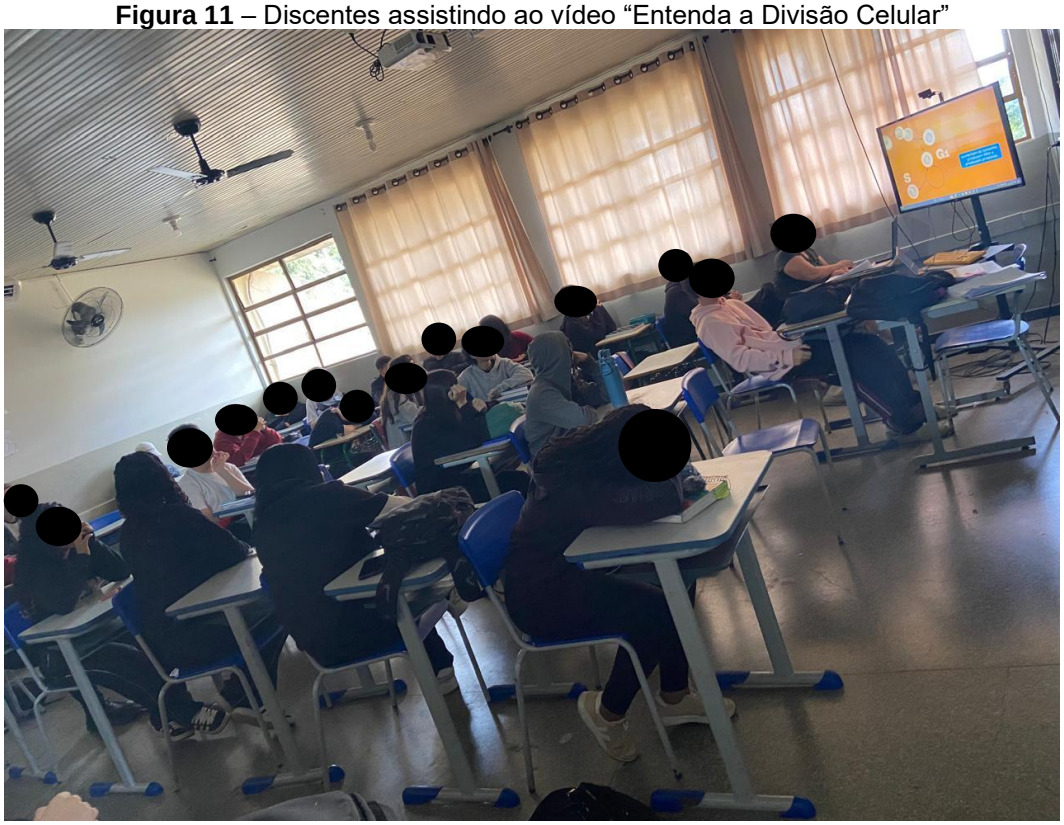
Entretanto, os registros no diário de campo indicaram desafios na aplicação do simulador. Alguns estudantes enfrentaram dificuldades técnicas no uso dos dispositivos disponíveis na escola, exigindo reorganização das atividades para garantir que todos conseguissem interagir com o material. Essa limitação técnica também foi observada por Oliveira (2022), que destaca a necessidade de suporte pedagógico e planejamento prévio ao introduzir laboratórios virtuais no ensino, garantindo que as ferramentas tecnológicas cumpram seu papel de facilitar, e não dificultar, a aprendizagem. Além disso, a mediação docente foi essencial para evitar que os alunos apenas reproduzissem mecanicamente as informações do simulador,

sem aprofundar a compreensão dos fenômenos celulares, um risco apontado por Moreira e Masini (2017) ao discutir os desafios do uso de materiais didáticos no contexto da aprendizagem significativa.

Outro recurso utilizado foi um vídeo educativo, exibido no início da UEPS como organizador prévio. Essa estratégia teve um papel importante na ativação dos conhecimentos prévios dos estudantes, auxiliando na contextualização da DC. Durante as discussões em sala, os discentes demonstraram maior engajamento ao relacionar os conteúdos do vídeo com exemplos do cotidiano, como o crescimento e a renovação celular. Essa abordagem reforça as observações de Valente (2014), que ressalta o potencial das TDIC para tornar a aprendizagem mais interativa e conectada com a realidade dos estudantes.

A Figura 11 retrata os primeiros momentos de interação da pesquisadora com a turma, quando foi exibido um vídeo introdutório sobre os processos relacionados à DC. O vídeo, escolhido por sua linguagem acessível e potencial para despertar o interesse dos estudantes, está disponível no YouTube, o que facilita o acesso para revisões ou consultas futuras. Sua exibição marcou o início das atividades, servindo como base para as discussões e atividades subsequentes.

Figura 11 – Discentes assistindo ao vídeo “Entenda a Divisão Celular”



Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Além dos recursos audiovisuais, foram utilizados textos alternativos, como o artigo *"O Câncer"*, que permitiram uma abordagem mais contextualizada da DC. No entanto, a observação e os registros no diário de campo evidenciaram que alguns estudantes tiveram dificuldades em interpretar o material, especialmente devido à linguagem científica complexa. Essa dificuldade foi minimizada por meio da mediação da docente, garantindo que os discentes conseguissem extrair as informações essenciais do texto. Esse resultado corrobora os achados de Moreira e Masini (2017), que enfatizam a necessidade de adaptação dos materiais didáticos ao nível de compreensão dos estudantes, evitando que a aprendizagem se torne mecânica.

Por fim, as atividades colaborativas, como a construção dos Mapas Conceituais Iniciais (MCAs) e Finais (MCBs), desempenharam um papel essencial no processo de ensino-aprendizagem. Os MCAs, elaborados em grupos de forma colaborativa, conforme ilustrado na Figura 12, demonstraram alto nível de engajamento e permitiram identificar dificuldades conceituais na negociação de significados. Esse resultado evidencia que a utilização de mapas conceituais pode ser uma estratégia potencialmente significativa para a construção e organização do conhecimento. Trabalhos como os de Aguiar e Correia (2013) reforçam que a construção de mapas conceituais, especialmente em grupo, estimula a negociação de significados e favorece uma aprendizagem mais significativa.

Figura 12 - Estudantes em grupo elaborando os Mapas conceituais iniciais

Fonte: elaborado pela autora (2024).

Os dados analisados inicialmente com base na intervenção por meio dos materiais potencialmente significativos indicam que a combinação de simuladores, vídeos educativos, textos alternativos e atividades colaborativas contribuiu para uma compreensão mais aprofundada da DC. A UEPS possibilitou aos estudantes a oportunidade de construir significados mais sólidos sobre o tema, alinhando-se aos

princípios da Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) de Ausubel (2003), que destaca a importância da diferenciação progressiva e da reconciliação integrativa no processo de aprendizagem. No entanto, desafios como dificuldades técnicas e necessidade de mediação docente reforçam a importância de um planejamento cuidadoso na implementação desses recursos e o papel mediador do docente no processo de ensino, garantindo que a aprendizagem ocorra de forma significativa e não apenas mecânica.

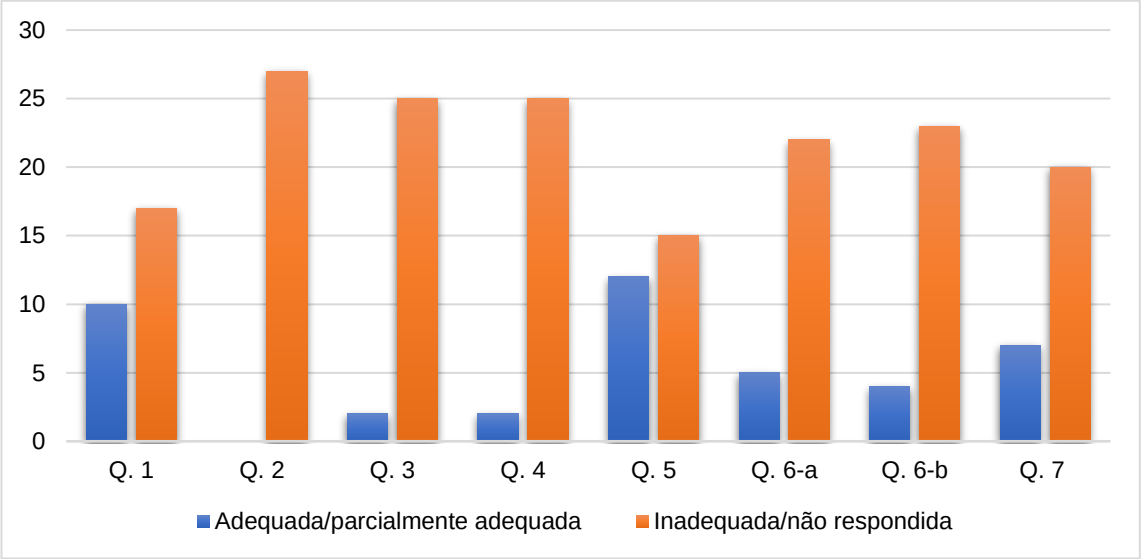
5.2 RESULTADOS REFERENTES AO QUESTIONÁRIO PRÉ-TESTE

Os resultados do questionário pré-teste revelaram que a maioria dos estudantes tinha pouca ou nenhuma familiaridade com conceitos fundamentais, como divisão celular (DC), sua relação com o ciclo celular, os dois tipos de processos de DC, suas funções nas células, suas etapas e sua importância biológica nos organismos. Além disso, observou-se que a maioria dos alunos apresentou dificuldades em diferenciar mitose e meiose, recorrendo a definições genéricas ou imprecisas, evidenciando lacunas na compreensão desses processos. Essa limitação conceitual também foi destacada por Mendonça (2023), ao analisar as dificuldades dos estudantes em relação ao Dogma Central da Biologia Molecular. A ausência de conhecimentos prévios estruturados indica a necessidade de estratégias pedagógicas que possibilitem a ampliação e consolidação desses conceitos.

A análise detalhada dos resultados do questionário pré-teste está apresentada na Figura 13.

Na análise das respostas da questão 1, observou-se que, dos 27 participantes, 17 afirmaram não possuir conhecimento sobre o tema ou deixaram a questão sem resposta. Os 10 alunos que responderam associaram a DC principalmente à multiplicação celular e à regeneração de tecidos, sem estabelecer relações mais aprofundadas com os processos do ciclo celular. Essas respostas indicam uma compreensão fragmentada e funcionalista, sem conexão com aspectos estruturais e mecanicistas do processo, conforme destaca Moreira (2013a).

Figura 13 – Resultado do questionário pré-teste



Fonte: elaborado pela autora, 2024.

Q.1 = Questão 1; Q.2 = Questão 2; Q.3 = Questão 3; Q.4 = Questão 4; Q.5 = Questão 5; Q.6-a = Questão 6-a; Q.6-b = Questão 6-b; Q.7 = Questão 7.

As questões 2 e 3, que abordavam as fases dos processos de mitose e meiose, evidenciaram um baixo índice de acertos, sugerindo a ausência de subsunçores nos estudantes, ou seja, de conhecimentos prévios organizados que facilitassem a assimilação dos conceitos. A teoria da Aprendizagem Significativa (AS) preconiza que a incorporação de novos conceitos depende da existência de subsunçores adequados na estrutura cognitiva do aprendiz. Quando esses subsunçores são fracos ou inexistentes, torna-se necessário utilizar organizadores prévios que sirvam como ponte entre o conhecimento existente e o novo conteúdo a ser aprendido (Silva Filho *et al.*, 2024).

As questões 4 e 5 reforçaram essa deficiência conceitual, especialmente no que se refere ao *crossing-over*, mecanismo essencial para a variabilidade genética. Apenas dois estudantes responderam corretamente a essa questão, indicando que esse conceito é particularmente abstrato e necessita de estratégias didáticas específicas para sua compreensão. A modelagem difusa proposta por Silva Filho *et al*. (2024) sugere que o grau de confiança do estudante sobre um conceito e sua relação com outros conceitos pode ser avaliado qualitativamente, permitindo identificar a natureza difusa do conhecimento inicial e direcionar a instrução para maior clareza conceitual.

Na questão 6, que abordava o número de cromossomos nas células-filhas da mitose e meiose, os resultados mostraram que apenas 5 alunos acertaram a resposta. Esse dado reforça a dificuldade de compreensão das funções celulares, especialmente no que se refere à ploidia das células resultantes. O levantamento de subsunçores, conforme discutido por Silva Filho *et al*. (2024), é essencial para que os estudantes consigam construir uma rede conceitual mais estruturada, permitindo a diferenciação progressiva entre conceitos como mitose e meiose.

A questão 7, que relacionava a DC à cicatrização de ferimentos, teve um percentual maior de respostas corretas (7 estudantes), sugerindo que conceitos com maior ancoragem na experiência cotidiana tendem a ser mais facilmente assimilados. No entanto, a falta de aprofundamento nas respostas indicou que o conhecimento ainda era difuso. Segundo a modelagem proposta por Silva Filho *et al*. (2024), esse tipo de conhecimento pode ser classificado como um conceito nuclear pouco estabilizado, necessitando de estratégias que favoreçam sua consolidação e ampliação.

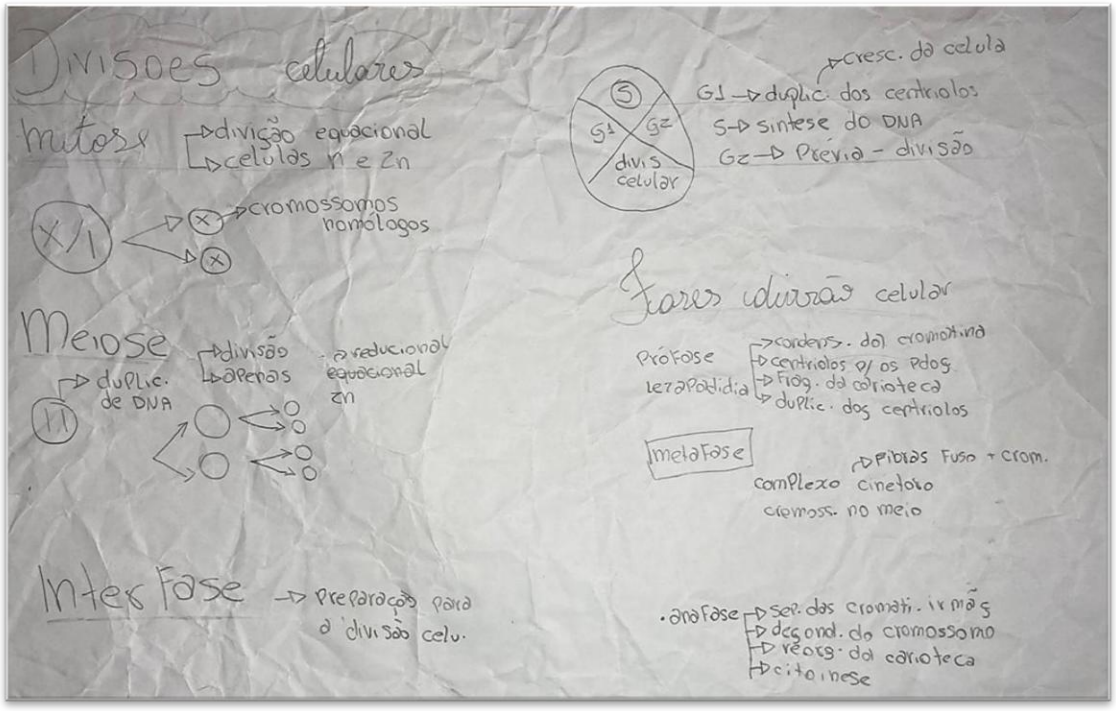
Diante desses resultados, os organizadores prévios utilizados ao longo da sequência didática foram planejados para minimizar essas lacunas e favorecer a diferenciação progressiva e a reconciliação integradora dos conceitos. A utilização de simuladores, por exemplo, permitiu aos estudantes visualizar os processos celulares e estabelecer conexões entre os conceitos, favorecendo uma aprendizagem mais significativa. As discussões em grupo e a mediação docente foram fundamentais para garantir que os estudantes pudessem reformular suas concepções e construir compreensões mais elaboradas sobre a divisão celular.

5.3 AVALIAÇÃO DOS MAPAS CONCEITUAIS INICIAIS

Os resultados obtidos a partir da análise dos Mapas Conceituais Iniciais (MCAs) evidenciaram dificuldades dos estudantes em estabelecer conexões significativas entre os conceitos fundamentais da DC. A análise dos mapas elaborados pelos grupos revelou que, embora conceitos centrais como mitose, meiose e interfase estivessem presentes, as informações eram fragmentadas e careciam de articulação coerente. Isso indica a ausência de subsunçores que favoreçam a compreensão integrada, conforme proposto por Ausubel (2003).

No MCA produzido pelo Grupo 1, apresentado na Figura 14, os estudantes mencionaram termos como "divisão reducional" e "divisão equacional", mas sem explicitar suas implicações biológicas, como a formação de gametas. Da mesma forma, a menção à mitose e ao número diploide (2n) ocorreu sem contextualização adequada. A dificuldade em construir relações conceituais está alinhada às observações de Moreira e Masini (2017), que destacam a importância da diferenciação progressiva e da reconciliação integrativa para a aprendizagem significativa. Além disso, observou-se o uso indevido do celular, o que pode ter levado à inclusão de informações corretas, mas sem compreensão aprofundada. Essas dificuldades apontam para a necessidade de estratégias didáticas que promovam um aprendizado mais estruturado, conforme discutido por Pedrancini *et al.* (2007), ao enfatizar que a apropriação do saber científico depende de uma mediação pedagógica efetiva.

Figura 14 – Mapa Conceitual inicial do grupo 1

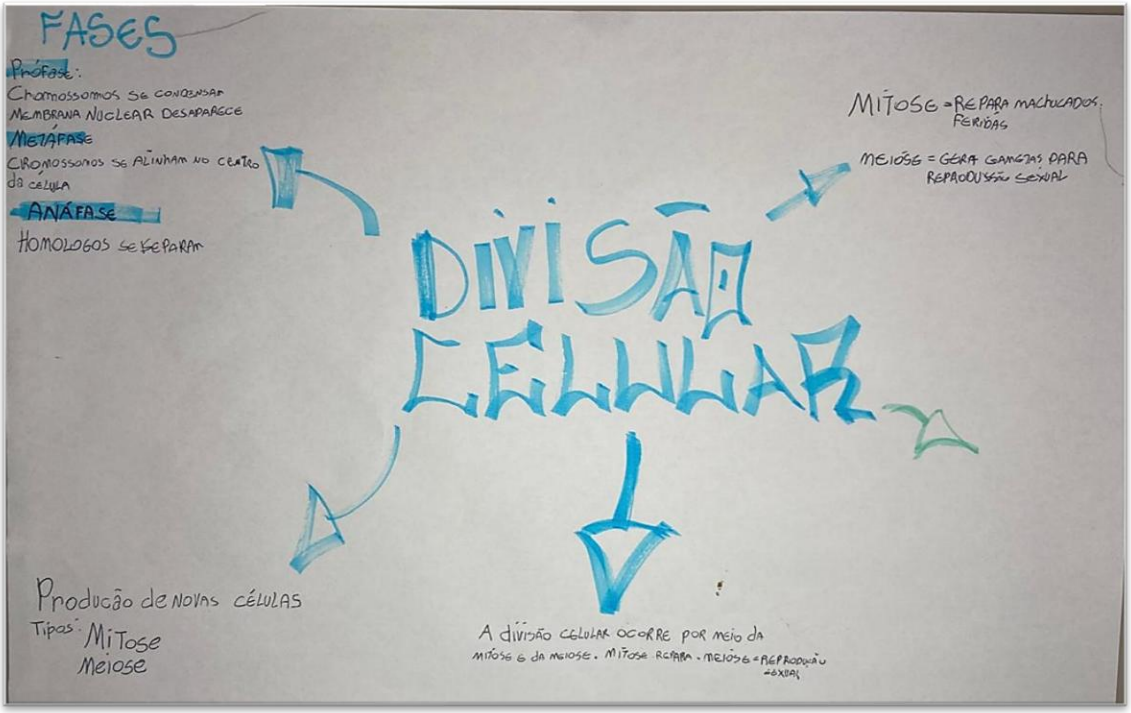


Fonte: elaborado pela autora (2024).

[3] É importante destacar que o mapa conceitual inicial do grupo 1 se encontra amassado, pois o grupo acreditava que o MCA seria descartado, apesar da orientação contrária da pesquisadora.

O MCA do Grupo 2 (Figura 15) apresentou uma organização visual mais clara, com a inclusão de conceitos como mitose, meiose e suas funções gerais. No entanto, a falta de encadeamento lógico demonstra que os estudantes ainda não possuíam subsunçores sólidos para integrar esses conhecimentos de forma significativa. Segundo Aguiar e Correia (2013), a construção de mapas conceituais eficazes requer a organização hierárquica das informações e a explicitação das relações entre os conceitos, algo que não se concretizou plenamente neste caso. Essa limitação também é apontada por Novak e Cañas (2010), que defendem que os mapas conceituais devem ser elaborados de modo a facilitar a visualização das conexões entre conceitos, promovendo assim uma aprendizagem mais significativa.

Figura 15 - Mapa Conceitual inicial do grupo 2

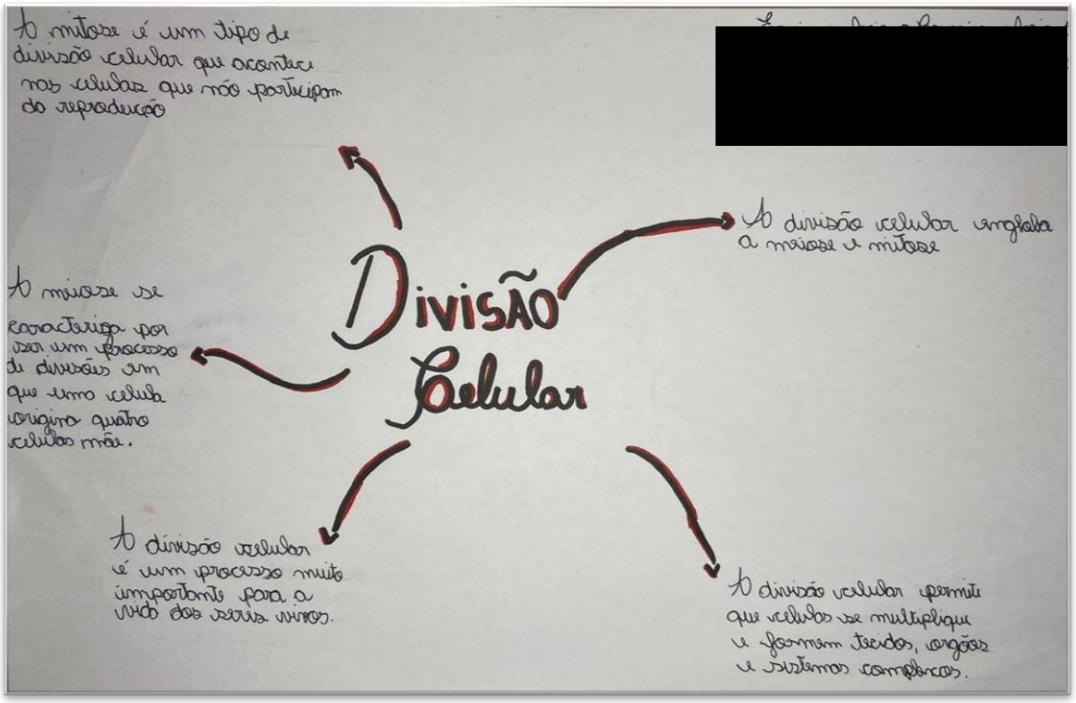


Fonte: elaborado pela autora (2024).

O MCA do Grupo 3 (Figura 16) demonstrou limitações semelhantes, com a descrição errônea da meiose como um processo que "origina quatro células mães". Esse erro conceitual reflete a ausência de clareza sobre a ploidia celular e os mecanismos da divisão celular, aspectos fundamentais da biologia celular (Alberts *et al.*, 2017). A falta de conexões horizontais e verticais entre os conceitos reforça a necessidade de organizadores prévios para estruturar o conhecimento dos estudantes. Além disso, como apontado por Pozo e Crespo (2009), a aprendizagem

científica exige a construção gradual de significados, o que demanda intervenções pedagógicas mais efetivas para que os alunos desenvolvam um entendimento mais aprofundado dos conceitos.

Figura 16 - Mapa Conceitual inicial do grupo 3



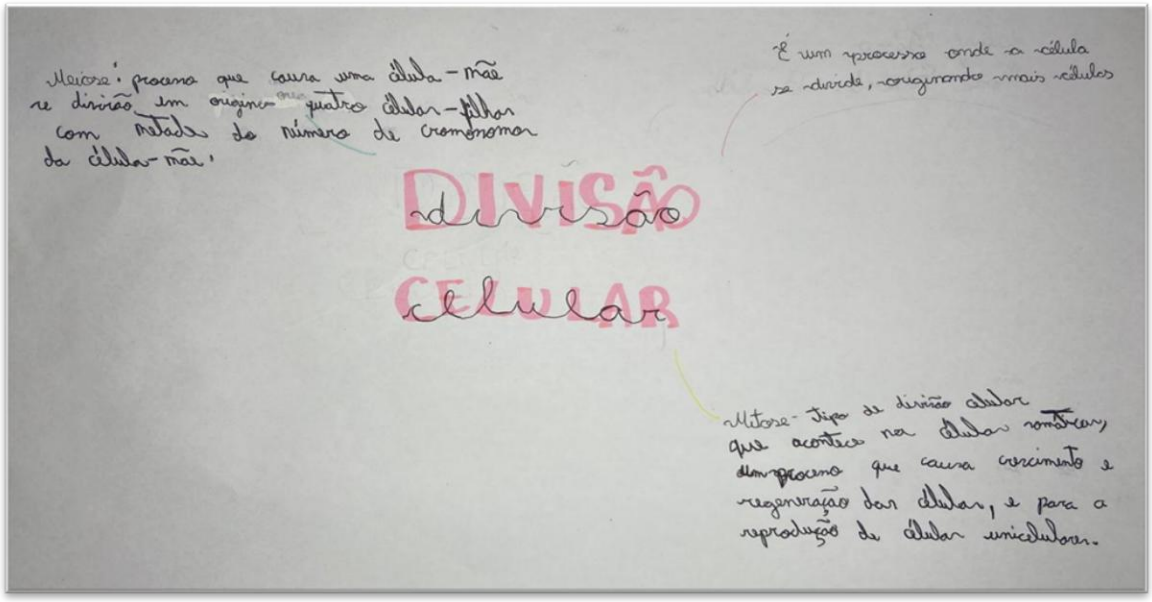
Fonte: elaborado pela autora (2024).

O Grupo 4 (Figura 17) limitou-se a listar informações sobre mitose e meiose, sem estabelecer relações entre elas. Esse padrão foi observado por Braga (2010), que identificou dificuldades semelhantes na compreensão da DC por estudantes do Ensino Médio, reforçando a importância de estratégias pedagógicas que promovam a integração dos conceitos. De maneira semelhante, Banet e Ayuso (2000) destacam que a fragmentação dos conteúdos pode dificultar a aprendizagem de genética e biologia celular, tornando essencial a implementação de metodologias ativas para fortalecer as conexões conceituais.

O Grupo 5 (Figura 18) apresentou definições gerais sobre mitose e meiose, mas sem detalhar suas etapas ou implicações biológicas. A superficialidade dessas respostas corrobora a análise de Mendonça (2023), que apontou dificuldades dos estudantes em estabelecer relações funcionais entre processos celulares e seus efeitos biológicos. Essa limitação também é discutida por Borges (2002), que ressalta

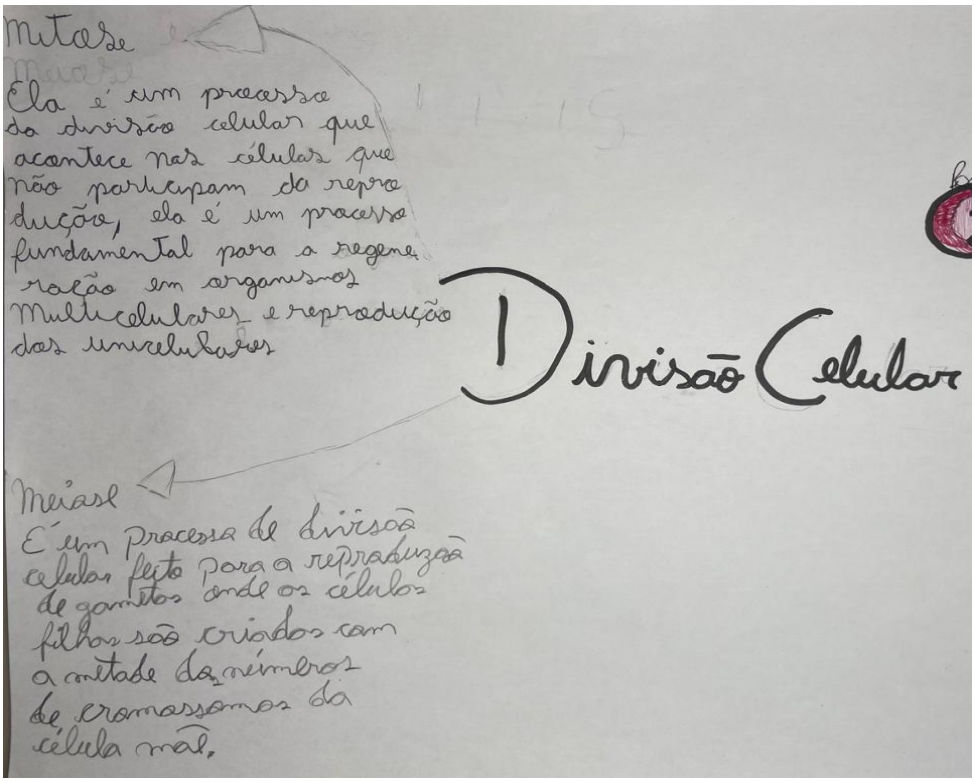
que o laboratório escolar e outras práticas investigativas são essenciais para aprofundar a compreensão dos fenômenos biológicos.

Figura 17 - Mapa Conceitual inicial do grupo 4



Fonte: elaborado pela autora (2024).

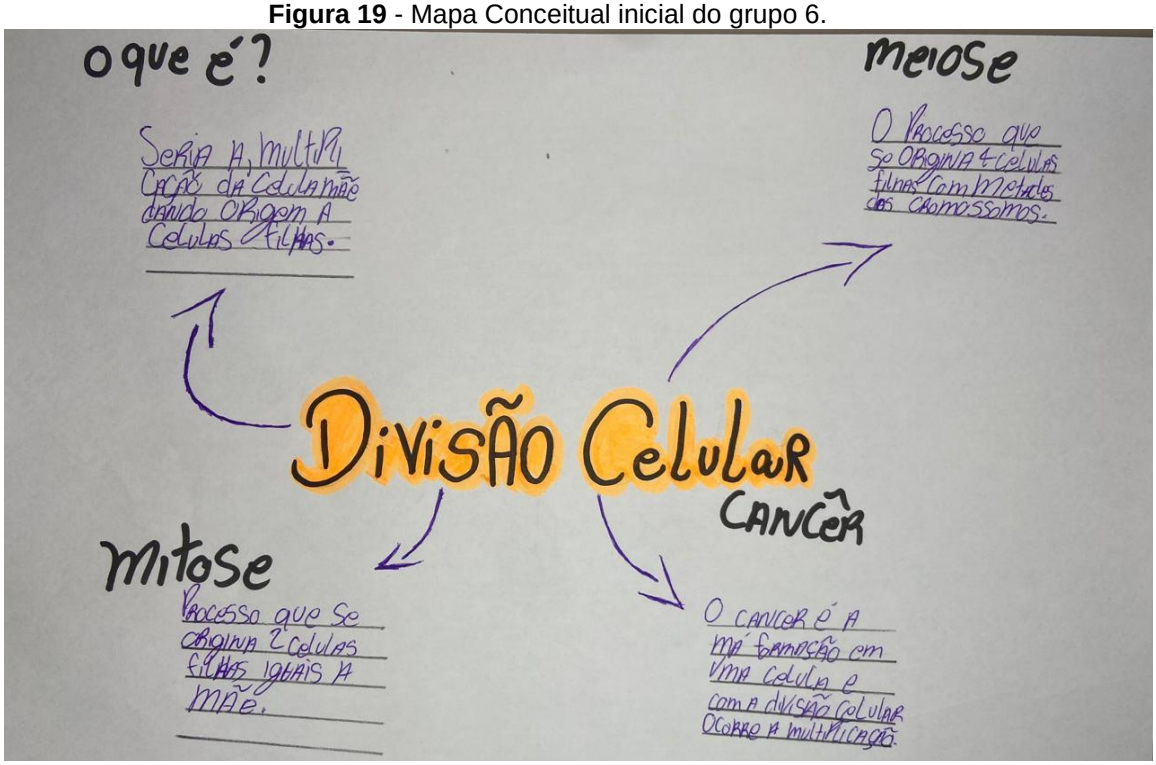
Figura 18 - Mapa Conceitual inicial do grupo 5



Fonte: elaborado pela autora (2024).

O Grupo 6 (Figura 19) incluiu um tópico sobre câncer, mas sem relacioná-lo adequadamente às falhas no controle da divisão celular. Conforme discutido por Alberts *et al*. (2017), a compreensão do câncer exige uma abordagem que relacione mitose desregulada e proliferação celular anômala, algo que não foi observado no mapa conceitual do grupo. Além disso, Belizário (2002) destaca a importância de ensinar os mecanismos celulares subjacentes ao câncer para proporcionar uma visão mais ampla sobre os processos patológicos associados à DC.

Figura 19 - Mapa Conceitual inicial do grupo 6.



Fonte: elaborado pela autora (2024).

Os MCAs demonstraram que os estudantes ainda não haviam alcançado a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa, conforme descrito por Moreira (2010). As conexões verticais (entre conceitos gerais e específicos) e horizontais (integração de diferentes áreas do conhecimento) estavam ausentes, dificultando uma compreensão sistêmica da DC.

Outro fator observado foi o uso do celular, que, apesar de fornecer acesso rápido a informações, não garantiu a construção de um conhecimento significativo. Esse comportamento evidencia a necessidade de mediação pedagógica para orientar o uso adequado de tecnologias no contexto educacional (Valente, 2014). Como apontado por Coll (2008), a simples exposição a informações digitais não assegura a

aprendizagem significativa; é essencial que as TDIC sejam utilizadas de forma crítica e contextualizada.

Os dados obtidos corroboram os achados do questionário pré-teste, demonstrando que os estudantes ainda estavam em um estágio inicial de compreensão da DC. A partir dessa análise, torna-se evidente a necessidade de estratégias pedagógicas estruturadas para fortalecer os subsunçores dos alunos e promover uma aprendizagem mais significativa sobre a temática. A implementação de metodologias que favoreçam a construção ativa do conhecimento e a conexão entre conceitos, como as Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS), pode representar um avanço para superar essas dificuldades e ampliar a compreensão dos processos celulares no ensino médio (Moreira, 2011; Cavalcanti, 2016).

5.4 AVALIAÇÃO DOS MAPAS CONCEITUAIS FINAIS

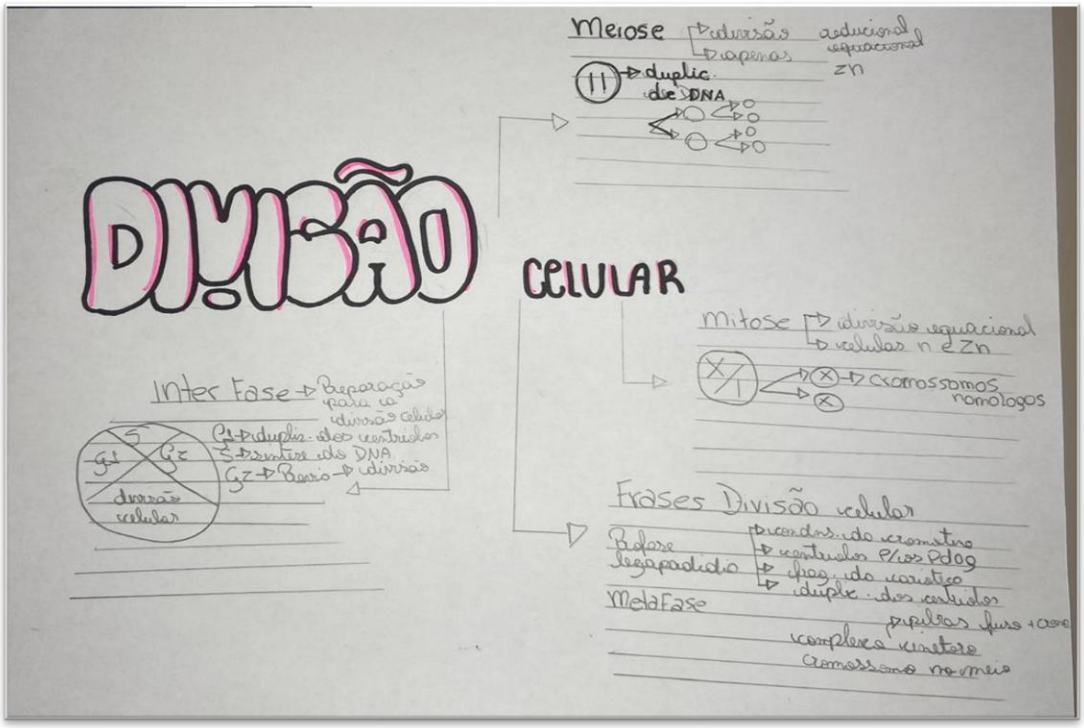
Os resultados obtidos a partir dos Mapas Conceituais Finais (MCBs) evidenciaram avanços na compreensão dos estudantes sobre a Divisão Celular (DC), mas também revelaram lacunas conceituais que ainda precisam ser trabalhadas. A análise dos mapas elaborados pelos grupos mostrou que houve um esforço em detalhar melhor os conceitos e organizar as informações de forma mais estruturada. No entanto, as conexões entre os tópicos ainda apresentam limitações, indicando que os subsunçores dos alunos ainda não estão totalmente consolidados, conforme proposto por Ausubel (2003).

O MCB do grupo 1, apresentado na Figura 20, retrata alguns avanços em relação ao MCA, especialmente no detalhamento dos conceitos e na organização geral das ideias. A centralidade do tema "Divisão Celular" continua sendo o foco principal, com ramificações que abordam a mitose, a meiose e o ciclo celular. Apesar disso, ainda há limitações na integração de conceitos em uma estrutura cognitiva mais robusta.

No mapa, a meiose é descrita como uma "divisão apenas reducional", resultando em quatro células-filhas com metade do material genético da célula-mãe. Essa informação foi complementada pela fala dos alunos, em que destacamos: *"A meiose é uma divisão reducional, que transforma a célula mãe em 4 células-filhas"* (A15). Já a mitose foi definida como uma "divisão equacional", que mantém o mesmo número de cromossomos na célula-filha, ou que também foi reforçada oralmente: *"Já*

a mitose é equacional, ela iguala no final, tipo, tem o mesmo número de cromossomos da mãe” (A15). Essas explicações, embora corretas, são superficiais e refletem a necessidade de aprofundamento para uma compreensão mais significativa do tema (Moreira e Masini, 2017).

Figura 20 – Mapa conceitual final do grupo 1.



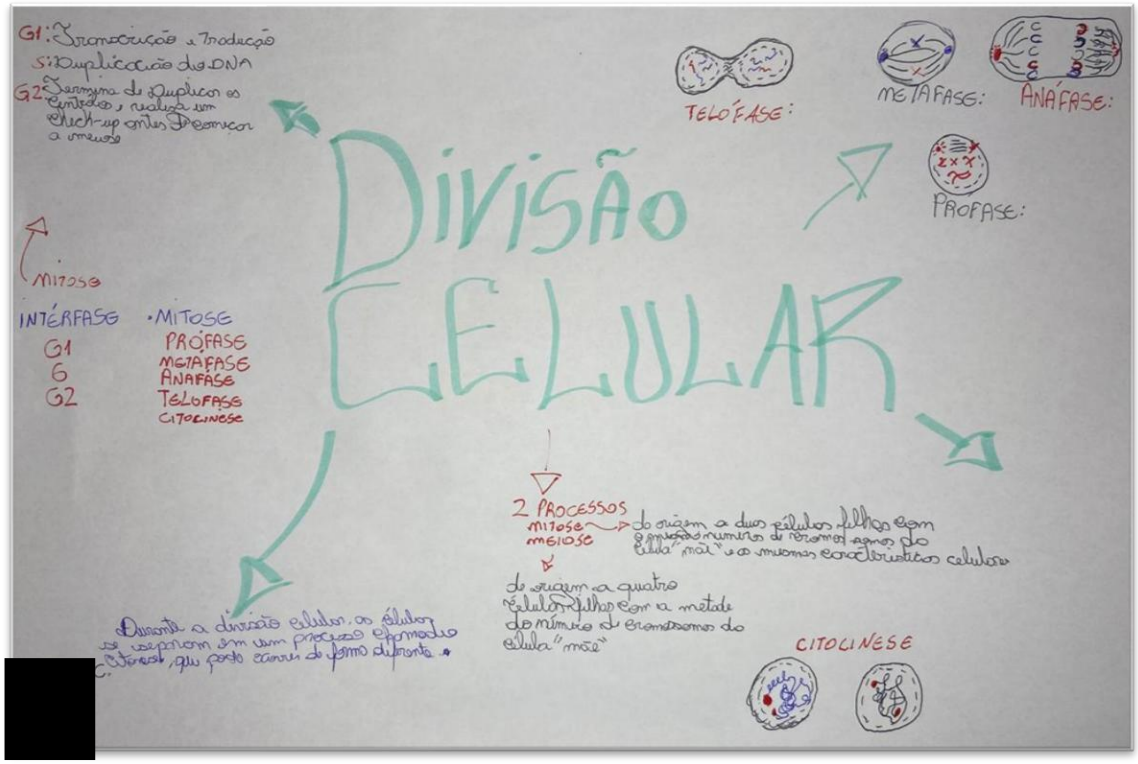
Fonte: elaborado pela autora (2024).

Além disso, o conceito de "Interfase" foi incluído como preparação para a DC, abrangendo a duplicação do DNA e o crescimento celular, o que representa um avanço importante. No entanto, ao analisar as conexões apresentadas, percebe-se que, embora os conceitos tenham mais detalhes, ainda predominam informações isoladas, sem relações horizontais mais complexas que evidenciem a reconciliação integrativa, como sugerido por Moreira (2010). A ausência de conexões entre a interfase e as etapas subsequentes da DC indica que os estudantes ainda não consolidaram plenamente a estrutura hierárquica desse conhecimento (Aguiar e Correia, 2013).

O MCB do Grupo 2, disponível na Figura 21, revelou maior organização em relação ao MCA, indicando progressos significativos na compreensão da DC. Os conceitos foram dispostos de maneira mais sistemática, e a estrutura visual apresenta cores distintas, facilitando a diferenciação das etapas. Além disso, os desenhos

representativos das fases da DC adicionaram uma dimensão visual interessante, o que, segundo Novak e Cañas (2010), pode favorecer a aprendizagem significativa ao criar representações mais concretas do conhecimento. Durante a apresentação do mapa, os alunos discutiram o papel da mitose na regeneração celular, evidenciando um esforço para relacionar o conteúdo com fenômenos biológicos reais. A transcrição das falas dos alunos durante a explicação do mapa revela as reflexões sobre o papel da mitose: "*A mitose é utilizado para a regeneração, não é mano?*" (A5), seguido pela confirmação e complementação: "*Sim véi, quando caímos e machucamos*" (A7). Outro aluno acrescentou: "*Tem a questão do crescimento e restauração dos órgãos cara*" (A9). Essas falas indicam que os discentes começaram a estabelecer relações funcionais da mitose no contexto biológico, ainda que de forma coloquial.

Figura 21 – Mapa conceitual final do grupo 2



Fonte: elaborado pela autora (2024).

Contudo, as relações estabelecidas ainda demonstram limitações na diferenciação progressiva, uma vez que as informações estão majoritariamente dispostas de forma linear e não exploram conexões mais complexas entre as etapas da DC e seus desdobramentos no ciclo celular (Braga, 2010).

Outro aspecto a ser mencionado é a escolha de termos pelos alunos, como "regeneração" e "restauração", que demonstram um entendimento inicial sobre as funções da mitose. No entanto, esses conceitos poderiam ter sido conectados a ideias mais amplas, como o papel da mitose no crescimento e manutenção dos tecidos.

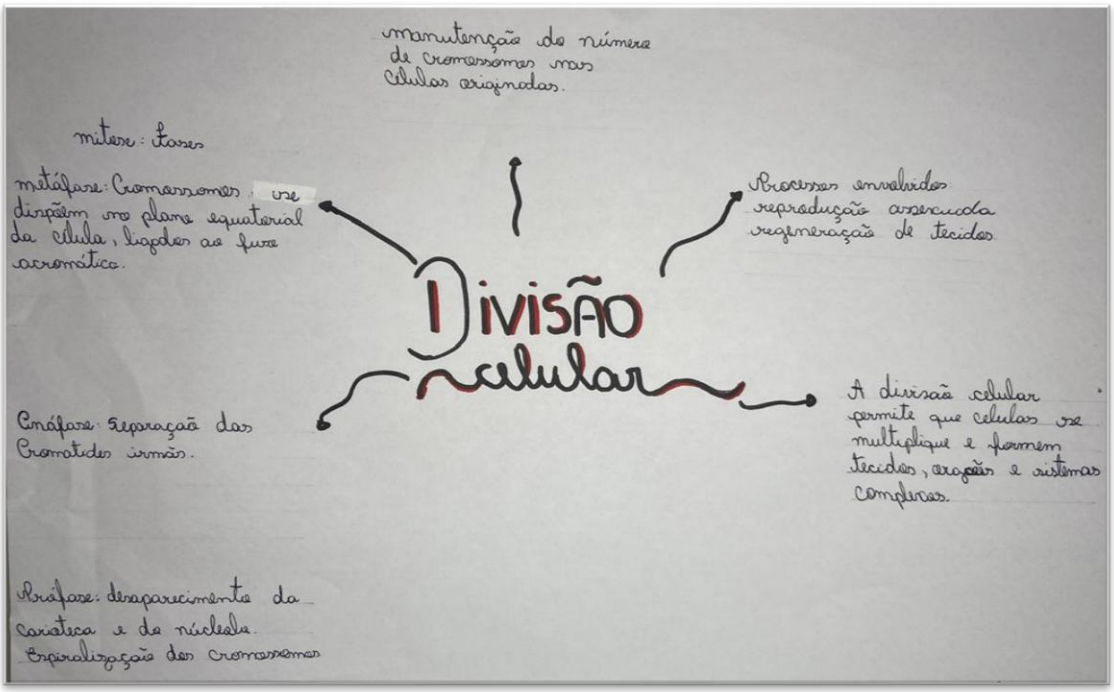
Ainda assim, o avanço em relação ao MCA inicial é evidente. O uso de desenhos e a tentativa de organização conceitual mais estruturada mostram que o grupo assimilou informações importantes ao longo do processo didático. As dificuldades observadas, por sua vez, reforçam a necessidade de intervenções pedagógicas que estimulem a construção de relações mais significativas entre os conceitos trabalhados.

O MCB do Grupo 3, disposto na Figura 22, apresenta um detalhamento das fases da mitose, destacando processos como prófase, metáfase, anáfase e telófase. No entanto, a meiose foi omitida, evidenciando uma lacuna conceitual. Durante a explicação oral, os estudantes reconheceram essa omissão e mencionaram que haviam focado apenas na mitose por sua associação mais direta com processos como a regeneração tecidual. Essa ausência indica que, apesar de compreenderem as funções básicas da mitose, os alunos ainda não estabeleceram plenamente a relação entre a meiose e a manutenção da variabilidade genética, aspecto fundamental da Biologia Celular (Alberts *et al*., 2017). Esse resultado reforça a importância de atividades que favoreçam a diferenciação entre os dois tipos de divisão celular e suas implicações biológicas (Mendonça, 2023).

Outro aspecto relevante é a simplicidade visual do mapa, que utiliza ramificações curtas e linhas limpas para conectar os conceitos principais. Contudo, isso pode ter limitado a exploração de tópicos mais amplos, como o ciclo celular em sua totalidade. A ausência de referências ao papel da interfase como preparação para a DC, por exemplo, é uma lacuna que poderia ter enriquecido o entendimento global do processo.

Assim, o mapa do grupo 3 reflete uma compreensão sólida da mitose e de suas aplicações práticas, mas demonstra uma abordagem incompleta do tema da DC ao omitir completamente a meiose. Além disso, as reflexões orais dos alunos sugerem uma percepção crítica sobre as limitações de sua própria produção, o que é um ponto positivo no processo de aprendizagem.

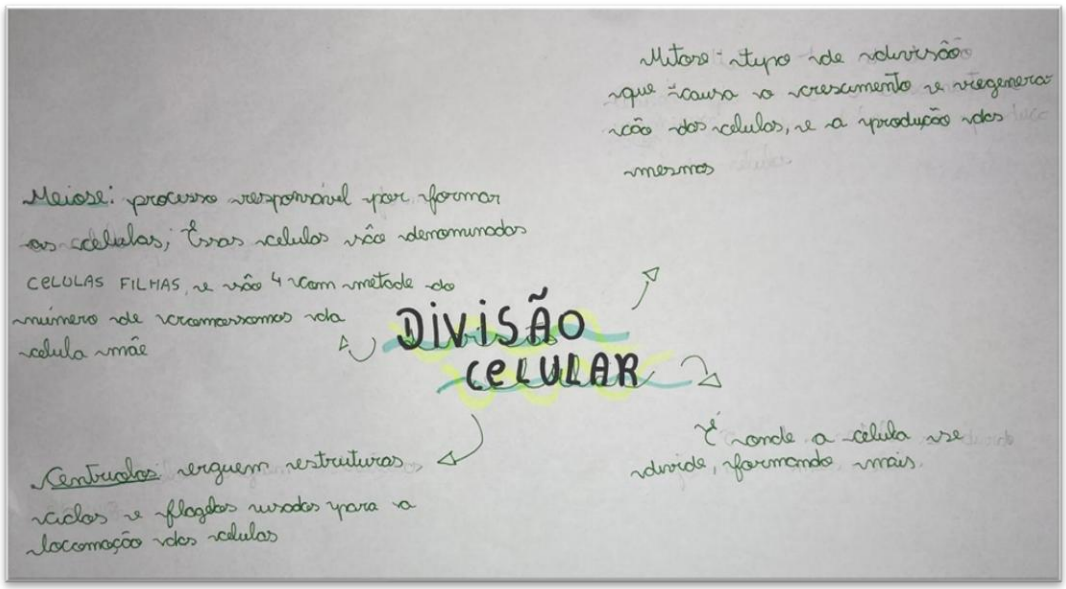
Figura 22 – Mapa conceitual final do grupo 3



Fonte: elaborado pela autora (2024).

O MCB do grupo 4, apresentado na Figura 23, demonstra um entendimento básico do tema, mas apresenta uma construção limitada, com pouca exploração de relações mais profundas entre os conceitos. O grupo abordou a mitose e a meiose, além de estruturas celulares envolvidas no processo, como centríolos, porém de forma superficial e com lacunas importantes.

Figura 23 – Mapa conceitual final do grupo 4



Fonte: elaborado pela autora (2024).

A organização do mapa destaca informações como: “Meiose: processo responsável por formar células filhas, que possuem metade do número de cromossomos da célula-mãe” e “Mitose: tipo de divisão que causa o crescimento e regeneração dos tecidos e a reprodução dos mesmos”. Essas frases indicam que os estudantes compreendem a diferença funcional entre os dois processos, mas não aprofundam no contexto biológico ou em suas etapas específicas, o que poderia enriquecer o entendimento.

Além disso, há uma anotação sobre os centríolos, descritos como estruturas associadas à locomoção das células, o que demonstra um desvio conceitual, já que os centríolos desempenham um papel central na organização dos microtúbulos durante a DC, e não na locomoção. Esse erro pode sugerir que o grupo não revisou adequadamente o conteúdo antes de finalizar o mapa.

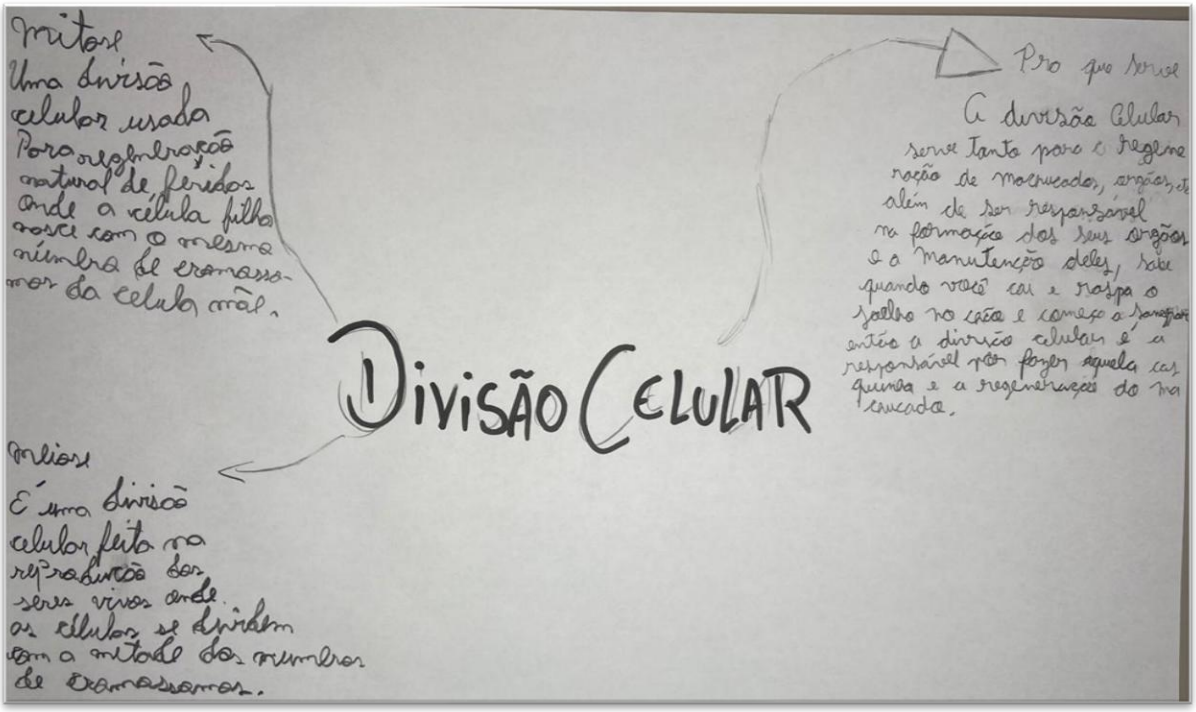
Outro ponto relevante foi a falta de engajamento por parte dos integrantes, como evidenciado pela fala da estudante A22: “*Acho que poderíamos fazer melhor que isso, mas dá uma preguiça*”. A falta de engajamento dos estudantes na construção do mapa pode ter influenciado a superficialidade das informações apresentadas, um fator que impacta diretamente na consolidação da aprendizagem (Pozo e Crespo, 2009). Apesar de demonstrarem conhecimento prévio, o grupo não aproveitou a oportunidade para desenvolver uma construção mais rica e articulada do conteúdo.

Portanto, o mapa do grupo 4 se apresenta como uma estrutura inicial e superficial do tema, carecendo de uma maior integração entre os conceitos e uma revisão mais cuidadosa para corrigir imprecisões e elaborar relações mais complexas.

O MCB elaborado pelo grupo 5, disponível na Figura 24, apresenta informações sobre a mitose e a meiose, além de uma explicação geral sobre o propósito da DC. No entanto, ao observar a estrutura do mapa, percebe-se uma limitação na abordagem dos conceitos, com explicação simples e um pouco aprofundada.

Durante a apresentação, um dos integrantes comentou: "*Ixi mano, esquecemos de explicar pra que serve a meiose*" (A13), seguido pela complementação de outro participante: "Pior... ah, mas a meiose é pra reprodução, não é professora?" (A11). Essas falas revelaram que o grupo possui uma compreensão básica do conteúdo, mas demonstra dificuldade em organizar as ideias e incluir informações completas no mapa.

Figura 24 – Mapa conceitual final do grupo 5



Fonte: elaborado pela autora (2024).

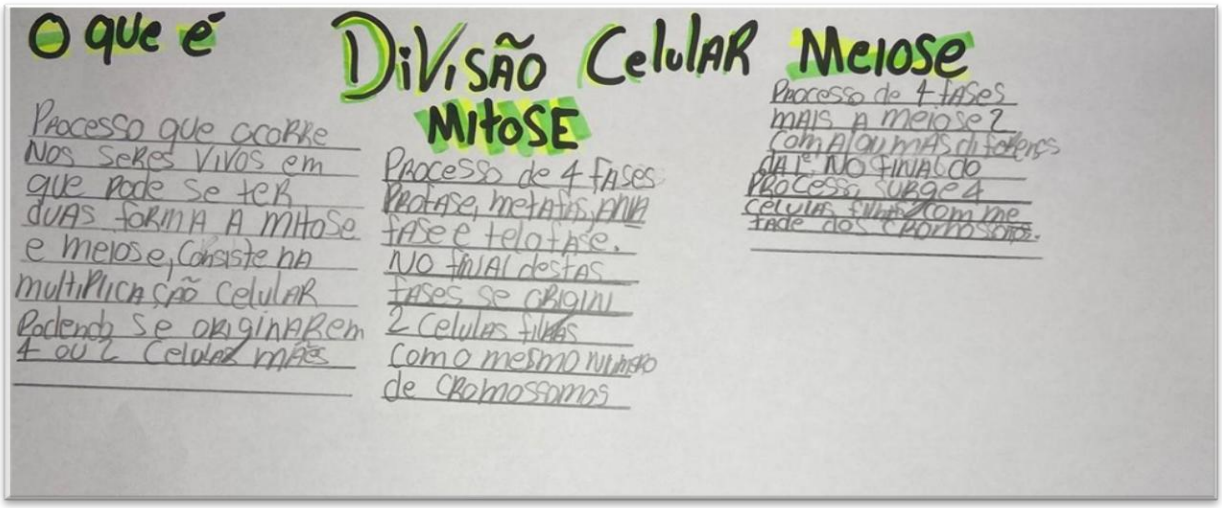
No mapa, a mitose foi descrita como “uma divisão celular usada para regeneração natural de feridas, onde as células filhas nascem com o mesmo número de cromossomos da célula mãe”. Já a meiose foi definida como “uma divisão celular feita na reprodução dos seres vivos, onde as células se dividem com a metade dos números de cromossomos”. Embora ambas as definições sejam corretas, elas carecem de detalhamento e exemplos que poderiam enriquecer o entendimento.

Além disso, o mapa apresenta uma seção intitulada “Pra que serve”, que menciona a importância da DC para a regeneração, organização e manutenção do organismo. No entanto, percebe-se que os estudantes não exploraram completamente as implicações da DC em processos biológicos mais amplos, como o crescimento e a formação de gametas.

De maneira geral, o grupo apresentou conhecimento básico sobre o tema, mas a construção do mapa e a apresentação foram impactadas pela falta de planejamento e aprofundamento. A interação entre os discentes sugere uma reflexão posterior sobre os pontos esquecidos, como a aplicação prática da meiose, o que pode ser um indicativo de que o processo de revisão foi realizado de forma apressada ou sem a atenção aos detalhes.

O MCB pelo Grupo 6, observado na Figura 25, apresenta uma visão geral sobre o tema "Divisão Celular", destacando as principais diferenças entre mitose e meiose. Na introdução, foi descrito que a DC é um processo que ocorre nos seres vivos, podendo ser de dois tipos: mitose ou meiose. No entanto, houve um erro conceitual ao afirmar que o processo pode originar "4 ou 2 células mães", sendo o correto referindo-se a "4 ou 2 células filhas". Essa troca de terminologia reflete uma possível confusão conceitual ou falta de atenção durante a elaboração.

Figura 25 – Mapa conceitual final do grupo 6



Fonte: elaborado pela autora (2024).

Em relação à mitose, o grupo especifica que o processo é dividido em quatro fases (prófase, metáfase, anáfase e telófase), culminando na formação de duas células filhas com o mesmo número de cromossomos da célula-mãe. Embora a explicação seja correta, é limitada, pois não aborda aspectos fundamentais, como a fidelidade genética e a importância da mitose para o crescimento, regeneração e manutenção de organismos multicelulares.

Quanto à meiose, o grupo destacou que é composto por duas etapas principais, a Meiose I e a Meiose II, e que resulta em células filhas com metade do número de cromossomos. Durante a apresentação, os estudantes explicaram uma percepção de lacunas conceituais ao dizerem: *“Professora, colocamos que a meiose tem duas fases, a Meiose I e a Meiose II, mas não conseguimos explicar muito bem”* (A26). Em seguida, outro membro complementou: *“Esquecemos de colocar sobre o negócio que faz a variabilidade também, como é o nome?”* (A27). A aluna A25, prontamente, fornece o termo correto: *“Crossing-over*”. Essa interação revela que, embora o

conceito de *crossing-over* fosse conhecido fosse por alguns integrantes, ele não foi incorporado no MCB, evidenciando uma lacuna no processo de síntese de informações.

De maneira geral, o mapa segue uma estrutura lógica, apresentando os conceitos básicos de mitose e meiose. Contudo, a interação dos estudantes e as propostas oferecidas durante a apresentação apontam para um entendimento superficial do tema, o que se reflete na falta de aprofundamento conceitual e na dependência da mediação da professora e dos colegas. A dependência da mediação da professora para esclarecer esses pontos reforça a necessidade de estratégias pedagógicas que incentivem a autonomia na construção do conhecimento (Valente, 2014).

5.5 COMPARATIVO DOS RESULTADOS DOS MAPAS CONCEITUAIS INICIAIS E FINAIS

No Quadro 6, é apresentada uma análise comparativa entre os Mapas Conceituais A (MCAs) e B (MCBs) de cada grupo, considerando tanto a estrutura dos mapas quanto as explicações orais realizadas pelos estudantes, analisadas a partir das gravações em áudio. Essa análise permitiu identificar a ampliação e aprofundamento das relações conceituais estabelecidas ao final da UEPS, evidenciando o progresso na compreensão dos conceitos trabalhados.

Nos MCBs de todos os grupos, observou-se que um único conceito passou a se relacionar com diversos outros, destacando a construção de uma rede conceitual mais integrada e hierarquizada. Esse avanço revela o impacto da metodologia utilizada, que promoveu uma maior interconexão entre os conceitos apresentados ao longo da UEPS. Além disso, as relações conceituais demonstradas nos MCBs refletem não apenas uma memorização dos temas, mas também a internalização e organização dos conceitos de forma significativa. Esses achados corroboram Moreira (2010), que destaca os Mapas Conceituais como ferramentas essenciais na construção do conhecimento significativo, pois permitem visualizar conexões entre conceitos e identificar lacunas na compreensão.

Quadro 6 - Comparativo das relações significativas nos Mapas Conceituais iniciais e finais

	Relações Significativas nos MCAs	**Relações Significativas nos MCBs**
Grupo 1	• A mitose é uma divisão equacional; • A meiose é uma divisão reducional; • A interfase prepara para a divisão celular; • Apresentação do ciclo celular, sem detalhar; • Apresentação das fases da divisão celular como prófase, metáfase e anáfase.	• Ramificações abordando a mitose, meiose e o ciclo celular; • A meiose é uma divisão reducional, pois divide o material genético para quatro células filhas ao final do processo; • A mitose é definida como uma divisão equacional, que mantém o mesmo número de cromossomos na célula-filha; • Explicação sobre a Interfase e suas fases constituintes; • Maior detalhamento da fase “Prófase” e “Metáfase”.
Grupo 2	• Mitose = reparação; • Meiose = reprodução sexual; • A divisão ocorre para produzir novas células; • Citação e explicação breve das fases “Prófase”, “Metáfase” e Anáfase”.	• A divisão celular ocorre em dois processos: mitose e meiose; • Mitose = origina duas células filhas com mesmo número de cromossomos da célula mãe e com as mesmas características; • Meiose = origina quatro células filhas com metade do número de cromossomos da célula mãe; • Citação e explicação das fases da interfase: G1, S e G2; • Citação e demonstração visual das fases que ocorrem na mitose; • Explicação sobre a citocinese.

Grupo 3	• Mitose = ocorrem em células que não participam da reprodução; • Meiose = caracterizada por ser um processo de divisões que origina quatro células “mãe”; • Divisão celular é um processo importante para os seres vivos, que permite as células se multiplicarem e formarem tecidos, órgãos e sistemas complexos.	• Divisão celular para a manutenção do número de cromossomos nas células originadas; • Processos envolvidos: reprodução assexuada e regeneração de tecidos; • Explicação oral de que a meiose ocorre para a reprodução dos seres vivos; • Explicação das fases mitóticas: Metáfase, Anáfase e Prófase.
Grupo 4	• Divisão celular: processo de formação de novas células. • Mitose = ocorre em células somáticas, promovendo crescimento, regeneração e reprodução de unicelulares. • Meiose = gera quatro células-filhas com metade dos cromossomos da célula-mãe.	• Avanços modestos, mas ainda com lacunas conceituais; • Definições básicas: Meiose = formação de células com metade dos cromossomos; Mitose = crescimento, regeneração e reprodução tecidual; • Erro conceitual: centríolos descritos como estruturas de locomoção, em vez de organizadores de microtúbulos; • Falta de aprofundamento nas etapas e no contexto biológico. • Baixo engajamento impactou a qualidade do trabalho.
Grupo 5	• Foco na definição de mitose e meiose; • Informações isoladas, sem conexão entre os conceitos.	• Abordagem geral da divisão celular, mitose e meiose; • Mitose = regeneração com células idênticas. Meiose = reprodução com redução cromossômica; • Falta de detalhamento sobre crescimento e formação de gametas; • Identificação de lacunas pelos alunos, especialmente na aplicação da meiose.

Grupo 6	• Estrutura em tópicos: “O que é?”, mitose, meiose e câncer; • Definições básicas: Mitose = células idênticas. Meiose = células com metade dos cromossomos; • Explicação do câncer, mas com conexão superficial à regulação da divisão celular.	• Diferenças entre mitose e meiose demonstradas de forma básica; • Erro conceitual: fala em “células mães” ao invés de “células filhas”; • Mitose explicado em quatro fases, mas sem detalhar a importância para regeneração; • Meiose descrita nas etapas I e II, mas sem mencionar o *crossing-over*;

Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Ao analisar os resultados iniciais e finais, nota-se que a UEPS implementada desempenhou um papel crucial na promoção de relações significativas entre os conceitos, contribuindo para uma compreensão mais estruturada e integrada dos conteúdos trabalhados. Esse processo está alinhado ao que foi discutido por Novak e Cañas (2010), que enfatizam que o uso contínuo dos Mapas Conceituais pode levar a uma melhor organização do conhecimento, favorecendo a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa, elementos centrais da teoria da aprendizagem significativa de Ausubel (2003).

Ao longo da pesquisa, foi observada uma dificuldade significativa por parte dos discentes em compreenderem e elaborarem mapas conceituais de maneira eficaz. Apesar das várias explicações fornecidas pela pesquisadora sobre a importância e a estrutura dos mapas conceituais, os alunos frequentemente produziram mapas lineares, caracterizados pela ausência de conexões e ramificações entre os temas abordados. Esse formato simplista não aproveita plenamente as potencialidades dos MCs para facilitar o aprendizado e a organização do conhecimento. Esse fato não foi observado por Mendonça (2023), uma vez que os MCBs dos grupos apresentavam várias ramificações, formando um mapa no estilo 'rede'.

Esta dificuldade em compreender e elaborar MCs pode ser atribuída a diversos fatores. Primeiramente, é possível que, mesmo com as explicações repetidas, os alunos não tenham prestado a devida atenção, o que comprometeu a assimilação dos conceitos. Além disso, pode haver uma dificuldade inerente em entender a abstração necessária para a criação de mapas, uma vez que esse tipo de ferramenta exige um

nível de pensamento crítico e associativo que nem todos os estudantes possuem ou estão acostumados a utilizar.

Além disso, a prática de ensino tradicional, que muitas vezes enfatiza a memorização e a reprodução de informações de forma linear, pode ter influenciado a maneira como os alunos abordaram a tarefa de elaborar os MCs. A transição para um método que requer conexões e ramificações entre conceitos pode ser desafiadora e demandar mais tempo e treinamento para que os estes se sintam confortáveis e confiantes em sua utilização.

Portanto, a dificuldade dos educandos em compreender e elaborar mapas conceituais refletiu-se tanto nos MCAs quanto nos MCBs, que, apesar do esforço, não demonstraram um avanço significativo. Essa situação reforça a necessidade de implementar estratégias pedagógicas que enfatizem a importância dos MCs, além de proporcionar oportunidades práticas e contínuas para que os discentes desenvolvam suas habilidades de pensamento crítico e associativo.

5.6 AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS DO QUESTIONÁRIO PÓS-TESTE

O questionário pós-teste (Apêndice D) foi analisado com base em categorias pré-determinadas, como: capacidade de explicar, captar significados, diferenciar progressivamente e aplicar os conhecimentos. Essas categorias foram escolhidas com base nas ideias de Masini e Moreira (2017, p. 44), que destacam a importância da Aprendizagem Significativa (AS). Segundo eles, para que a AS ocorra, o estudante deve adquirir "novos conhecimentos com significados, compreensão, capacidade de aplicação desses conhecimentos em explicações, argumentações e soluções de situações-problema".

Assim, ao analisar as respostas ao questionário, buscamos evidências de AS, em oposição à mera memorização. Os resultados do questionário pós-teste são apresentados no Quadro 7. Após o uso do simulador, os dados indicaram um avanço significativo na organização conceitual, com os estudantes descrevendo melhor as etapas dos processos e suas funções biológicas. Esses achados são semelhantes aos de Mendonça (2023), que analisou o impacto das Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDIC) na aprendizagem da biologia molecular e constatou que simuladores favorecem a construção de modelos mentais mais elaborados, facilitando a compreensão de conceitos abstratos.

Quadro 7 – Resultados do questionário pós-teste

Categorias	Quantidade de alunos
Capacidade de explicar	16 (59%)
Captar significados	10 (37%)
Diferenciar progressivamente	15 (55,5%)
Capacidade de aplicar os conhecimentos	20 (74%)

Fonte: elaborado pela autora, 2024.

Na categoria, capacidade de explicar o conhecimento, analisamos as respostas para a seguinte questão:

- Considerando seus conhecimentos, como a meiose é diferente da mitose e onde ela ocorre no corpo humano?

Essa questão está atrelada à categoria "capacidade de explicar" porque exige que o estudante vá além da simples memorização de termos e demonstre compreensão dos conceitos envolvidos. Para responder adequadamente, o aluno precisa articular a diferença entre mitose e meiose, explicando suas características distintas, como o número de divisões celulares, a manutenção ou redução do número de cromossomos e o tipo de células resultantes. Além disso, deve contextualizar essa explicação ao indicar onde a meiose ocorre no corpo humano, ou seja, nos órgãos reprodutivos, durante a formação dos gametas (óvulos e espermatozoides). Esse processo de explicação reflete a habilidade de organizar o conhecimento de maneira lógica e coerente, evidenciando um nível mais profundo de aprendizado conforme os princípios da AS.

Na busca de evidências da AS, procuramos respostas que apontassem as diferenças entre os dois processos e que também explicassem onde estes ocorrem. Verificamos conforme visto no Quadro 7, que 59% dos estudantes demonstraram a capacidade de explicar o conhecimento. Vejamos algumas explicações dos discentes:

> A5: *"A meiose ocorre na reprodução sexuada e a mitose ocorre para a regeneração."* A26: *"A mitose ocorre nas células somáticas e a meiose ocorre nas células germinativas."* A11: *"A meiose é feita para a reprodução, gerando células com metade dos números de cromossomos da célula-mãe, já a mitose é feita para a regeneração, com células com o número exato de cromossomos."*

As respostas demonstram diferentes níveis de compreensão sobre mitose e meiose. A fala de A5 destaca corretamente os contextos funcionais de cada processo, mas não especifica os tipos celulares nem os locais onde ocorrem no organismo. A26 avança ao usar os termos técnicos “células somáticas” e “germinativas”,

demonstrando maior precisão, mas sem abordar as diferenças genéticas ou funções biológicas mais amplas. Já A11 apresenta uma explicação mais completa, incluindo tanto a função biológica quanto a diferença cromossômica entre os processos, embora também não mencione os locais específicos de ocorrência, como as gônadas no caso da meiose.

Como a AS é progressiva, os estudantes não vão dominar totalmente a temática em pouco tempo, porém, nos relatos percebemos evidências de que alguns alunos conseguiram explicar o processo de Divisão Celular.

Na segunda categoria, captar significados, analisamos se os estudantes conseguiram alcançar novos significados a partir das negociações realizadas durante a UEPS. Essa análise considerou as respostas à questão:

- Descreva o papel do DNA durante a divisão celular e como ele é distribuído para as células filhas em ambos os processos (meiose e mitose).

Essa questão está atrelada à categoria "captar significados" porque exige que o estudante compreenda não apenas a definição do DNA e seu papel na DC, mas também como ocorre sua distribuição nos processos de mitose e meiose. Para responder, o aluno precisa interpretar e relacionar conceitos fundamentais, como a duplicação do DNA, a segregação cromossômica e a manutenção ou redução do número de cromossomos nas células-filhas. Além disso, deve demonstrar entendimento sobre como essas diferenças garantem a estabilidade genética nas células somáticas (mitose) e a variabilidade genética nos gametas (meiose). Dessa forma, a questão avalia a capacidade do estudante de dar significado aos conceitos aprendidos, indo além da simples reprodução de informações.

Buscamos respostas em que os alunos demonstrassem que o DNA é essencial para garantir que o material genético seja copiado e distribuído corretamente para as células-filhas. Desta forma, apenas 37% dos discentes desenvolveram a capacidade de captar significados importantes sobre o DNA no processo de DC, conforme as respostas destacadas:

> A2: *"O material genético é distribuído na meiose com a metade do número de cromossomos da célula-mãe e na mitose com o número de cromossomos iguais ao da célula-mãe."* A21: *"O DNA contém todas as informações genéticas e, desta forma, é ele que faz com que as coisas ocorram de forma certa durante a divisão celular."* A9: *"Durante a mitose, o DNA é replicado e distribuído igualmente entre as células-filhas, já na meiose, o DNA é dividido pela metade e distribuído dessa forma para as células-filhas."* A15: *"Durante a mitose o DNA é replicado e distribuído igualmente entre as células-filhas,*

> *garantindo que cada célula, que são duas, tenha uma cópia completa, igual à da mãe. Na meiose, o DNA também é replicado, mas há dois estágios de divisão celular, a Meiose I e a Meiose II, que resultam em 4 células-filhas com metade do número de cromossomos."*

As falas demonstram um progresso crescente no entendimento sobre a relação entre DNA e os processos de divisão celular. A2 evidencia a compreensão básica das diferenças quanto à quantidade de material genético repassado às células-filhas. A21 se concentra no papel regulador do DNA, destacando sua importância na condução correta da divisão celular. A9 já articula os processos de replicação e distribuição do DNA com mais clareza funcional, diferenciando mitose e meiose. Por fim, A15 apresenta a explicação mais completa, incluindo a duplicação do DNA, o número de divisões na meiose, a quantidade de células resultantes e a diferença cromossômica — demonstrando uma visão mais integrada e precisa do conteúdo.

Quanto à terceira categoria, diferenciar progressivamente, analisamos se os alunos conseguiram hierarquizar os conceitos, considerando dos mais gerais e inclusivos para os menos gerais e inclusivos, conforme a proposta da TAS.

Para buscar tais evidências, propusemos no questionário pós-teste o seguinte exercício:

- Qual processo de divisão celular promove o aumento da variabilidade genética e como isso ocorre?

Essa questão está atrelada à categoria "diferenciar progressivamente" porque exige que o estudante reconheça diferenças entre os tipos de divisão celular e compreenda suas implicações biológicas. Para respondê-la corretamente, é necessário identificar que a meiose, e não a mitose, é responsável pelo aumento da variabilidade genética. Além disso, o aluno deve explicar como isso ocorre, abordando mecanismos como o crossing-over (permuta genética entre cromátides homólogas na prófase I) e a segregação independente dos cromossomos durante a metáfase I. Essa análise demanda um nível mais avançado de compreensão, pois requer a diferenciação entre os processos e a construção de um raciocínio progressivo, que conecta os eventos celulares às suas consequências na diversidade genética dos organismos.

Nessa categoria, buscamos respostas que incluíssem como resposta o ‘*crossing-over*’, totalizando que 55,5% dos alunos mostraram evidências de AS, porque conseguiram diferenciar progressivamente, conforme exemplos:

> A24: *"A meiose atua garantindo a manutenção do número de cromossomos nas espécies e também relacionava-se com o aumento da variabilidade genética através do cruzamento, que acontece na meiose I."* A16: *"Um ser humano possui 46 cromossomos, vindo 23 do pai e 23 da mãe, com a fecundação, forma-se uma nova vida, com uma variabilidade maior, já que são dois indivíduos diferentes. E ainda tem o cruzamento."* A19: *"Meiose, no sistema de reprodução, os gametas, assim como as características, seriam metade do pai e metade da mãe."* A8: *"A meiose é o processo de divisão celular que promove o aumento da variabilidade genética, uma vez que durante este processo ocorre o cruzamento entre os cromossomos, o cruzamento, que faz com que alguns genes de um cromossomo vão para o seu outro par."*

As respostas acima demonstram compreensões diversas sobre a relação entre meiose e variabilidade genética. A fala de A24 evidencia conhecimento do papel da meiose na manutenção do número cromossômico e na variabilidade genética, mencionando corretamente o crossing-over na meiose I. A16 reconhece a importância da herança genética combinada, porém mistura conceitos ao não distinguir com precisão o papel do cruzamento durante a meiose. A resposta de A19, embora simples, indica a noção da origem genética biparental, mas sem aprofundar os mecanismos específicos envolvidos. Já A8 apresenta uma compreensão mais apurada do crossing-over, explicando a troca de segmentos entre cromossomos homólogos como geradora de novas combinações genéticas.

A quarta e última categoria, capacidade de aplicar os conhecimentos, analisamos se os estudantes conseguiram aplicar o conhecimento em outras situações diferentes do contexto da matéria de ensino, a partir da questão:

- Qual a importância biológica da meiose? E da mitose?

Essa questão está atrelada à categoria "capacidade de aplicar os conhecimentos" porque vai além de simplesmente explicar os conceitos de meiose e mitose. O aluno precisa contextualizar esses processos dentro de um cenário biológico real e demonstrar compreensão de sua importância para os organismos. Ao responder, o estudante deve aplicar o que aprendeu sobre como a mitose é crucial para o crescimento, desenvolvimento e reparação celular, enquanto a meiose é fundamental para a reprodução sexual e manutenção da variabilidade genética. A capacidade de aplicar os conhecimentos está refletida na habilidade do aluno de conectar esses processos com fenômenos biológicos reais, como o desenvolvimento de organismos multicelulares e a formação de gametas, tornando o aprendizado mais relevante e conectado ao contexto da vida cotidiana e dos processos naturais.

Para considerar os estudantes que satisfizeram essa condição, buscamos respostas que trouxessem assuntos relacionados ao dia-a-dia dos seres humanos. Constatamos que 74% dos alunos demonstram saber aplicar o conhecimento adquirido, conforme relatado:

> A6: *"A meiose é importante para a reprodução sexual e a mitose é para o crescimento, desenvolvimento e reparo de tecidos."* A8: *"A meiose é importante para a reprodução sexual e para a variabilidade genética." "A mitose serve para o crescimento, desenvolvimento embrionário e reparos teciduais."* A16: *"A mitose é importante para a multiplicação celular, ou curar um machucado ou na formação de um feto. A meiose é importante para aumentar a variabilidade genética."*

As falas acima revelam diferentes formas de compreender as funções da mitose e da meiose. A6 oferece uma resposta objetiva e correta, que identifica bem os principais papéis de cada processo, ainda que sem aprofundamento conceitual. A8 amplia a explicação ao incluir a variabilidade genética como função da meiose e detalhar melhor os contextos em que a mitose atua, como no desenvolvimento embrionário. Já A16 enriquece sua fala com exemplos do cotidiano, facilitando a compreensão prática dos processos, mas poderia ter sido mais preciso ao relacionar diretamente a meiose com o processo de reprodução e seus mecanismos específicos.

As respostas ao questionário pós-teste evidenciaram um entendimento geral dos processos de DC, com a meiose amplamente associada à reprodução sexual e à promoção da variabilidade genética, enquanto a mitose foi vinculada ao crescimento, desenvolvimento e componentes teciduais. Entretanto, algumas respostas carecem no detalhamento, especialmente em relação a eventos cruciais, como o *crossing-over*, e à compreensão das etapas dos processos, apontando para lacunas no domínio conceitual. Isso reforça a importância de estratégias pedagógicas contínuas e direcionadas para aprofundar e integrar os conhecimentos, corrigindo imprecisões e promovendo uma aprendizagem mais sólida. Vale ressaltar que, conforme os princípios ausubelianos, a consolidação do aprendizado é gradual, ocorrendo por meio da diferenciação progressiva e da reconciliação integrativa (Masini; Moreira, 2017). Além disso, as singularidades de cada aluno — como a variabilidade de subsunçores, predisposição à aprendizagem e interação com o material didático — impactam os resultados das atividades, incluindo a UEPS, que não produzirão os mesmos efeitos em todos os educandos ou contextos.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As dificuldades no ensino e na aprendizagem da divisão celular são frequentemente abordadas na literatura, principalmente em estudos sobre o ensino da Genética e Biologia Celular. Tais dificuldades são atribuídas à abstração de diversos conceitos, o que torna o entendimento mais desafiador. Em resposta, muitos trabalhos sugerem o uso de metodologias e estratégias didáticas específicas para facilitar o ensino desses conteúdos.

Neste contexto, a questão central que orientou esta pesquisa foi: quais as contribuições da utilização dos Laboratórios Virtuais de Aprendizagem (LVAs) para o processo de ensino e aprendizagem de Divisão Celular no Ensino Médio, a partir de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS)? Com o objetivo de somar contribuições nessa área, este trabalho elaborou e implementou uma UEPS que integra animações e simulações virtuais, buscando investigar sua contribuição para a Aprendizagem Significativa (AS) no ensino dos processos de mitose e meiose.

Durante a aplicação da UEPS, observou-se que muitos estudantes apresentaram dificuldades iniciais, especialmente em relação à linguagem científica e aos conceitos abstratos envolvidos. Essas dificuldades refletem, em parte, a transição necessária da memorização mecânica para uma abordagem focada na compreensão profunda dos conceitos. Alguns alunos manifestaram resistência inicial à mudança de estratégia, gerando insegurança e ansiedade; no entanto, ao longo do processo, foi possível perceber uma evolução gradual na compreensão, à medida que os discentes se familiarizavam com a proposta.

A introdução progressiva dos conceitos, aliada aos princípios de Diferenciação Progressiva e Reconciliação Integrativa, favoreceu a construção de uma base sólida, permitindo que os estudantes compreendessem inicialmente conceitos mais amplos antes de avançarem para os mais específicos. Essa evolução, contudo, não foi imediata nem uniforme entre os grupos, evidenciando a necessidade de tempo e adaptação para a integração efetiva dos novos conhecimentos.

O uso dos LVAs e de atividades colaborativas foi fundamental para o engajamento dos estudantes. A interação com os simuladores virtuais e o trabalho em grupo possibilitaram diálogos entre os alunos e a mediação docente, que foram essenciais para a negociação de significados e para a consolidação do aprendizado.

Para a avaliação dos avanços, foram aplicados questionários pré e pós-teste, que, embora não idênticos, abordaram os mesmos conteúdos centrais. Essa diferenciação evitou respostas automáticas e contribuiu para uma avaliação mais precisa dos conhecimentos adquiridos ao longo da sequência didática.

Quanto aos objetivos gerais e específicos da pesquisa, entende-se que foram integralmente alcançados. A elaboração e implementação da UEPS ocorreram conforme o planejamento, e a contribuição dos LVAs para a AS foi claramente observada. Evidências dos processos de Diferenciação Progressiva e Reconciliação Integrativa foram encontradas, embora com variações na distribuição entre os grupos. Apesar disso, alguns conceitos mais abstratos, como o crossing-over, exigiram esforço adicional por parte dos alunos e da docente para sua compreensão.

Além disso, os materiais da UEPS — simuladores e atividades colaborativas — mostraram-se potencialmente importantes para o aprendizado. No entanto, a conexão desses recursos com os subsunçores dos estudantes nem sempre foi plena, gerando variações no aproveitamento e indicando a necessidade de maior tempo e suporte para garantir uma aprendizagem eficaz.

Em termos de formação docente, este estudo reforça a importância da adoção de abordagens inovadoras e tecnológicas, como os LVAs. Ao mesmo tempo, destaca a necessidade de constante adaptação do ensino às características dos discentes e aos contextos educacionais. A pesquisa evidenciou que, mesmo com recursos inovadores, a AS é um processo gradual, exigindo dos docentes preparo e sensibilidade para lidar com os desafios da aprendizagem.

Em síntese, entende-se que a UEPS atingiu integralmente os objetivos propostos e se mostrou eficaz na promoção da AS sobre a divisão celular. Contudo, a consolidação do conhecimento permanece como um processo contínuo, que demanda tempo, paciência e ajustes permanentes. O desenvolvimento de habilidades essenciais, como autonomia e pensamento crítico, deve ser incentivado, assim como a integração adequada dos LVAs e demais tecnologias ao contexto da sala de aula, para que seu impacto seja realmente efetivo.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, Joana Guilares de; CORREIA, Paulo Rogério Miranda. Como fazer bons mapas conceituais? Estabelecendo parâmetros de referências e propondo atividades de treinamento. **Revista Brasileira de pesquisa em Educação em Ciências**, Rio de Janeiro, v. 13, n. 2, p. 141-157, 2013.

ALBERTS, Bruce; JOHNSON, Alexander; LEWIS, Julian; MORGAN, David; RAFF, Martin; ROBERTS, Keith; WALTER, Peter. **Biologia Molecular da Célula**. Tradução de Ardala Elisa Breda Andrade *et al*. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 1464 p.

ÁLVARES, Alberto José; FERREIRA, João Carlos Espíndola. Metodologia para Implantação de Laboratórios Remotos via Internet na Área de automação da Manufatura. *In*: 2º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE FABRICAÇÃO (COBEF). **Anais [...]** Uberlândia, MG. 2003. p. 1-11.

AMARAL, Érico Érico Marcelo Hoff do; AVILA, Bárbara; ZEDNIK, Herik; TAUROCO, Liane. Laboratório virtual de aprendizagem: uma proposta taxonômica. **RENOTE: revista novas tecnologias na educação**. Porto Alegre, v. 9, n. 2. p. 1-11. 2011.

ARAÚJO, Mauro Sérgio Teixeira de; ABIB, Maria Lúcia Vital dos Santos. Atividades Experimentais no Ensino de Física: Diferentes Enfoques, Diferentes finalidades. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 25, n. 2, p. 176-194, jun. 2003.

AUSUBEL, David Paul. **Educational psychology**: a cognitive view. Nova York: Holt, Rienehart and Winston, 1968.

AUSUBEL, David Paul. **Aquisição e retenção de conhecimentos**: uma perspectiva cognitiva. Lisboa: Plátano, 2003.

AUSUBEL, David P. **Home**. Disponível em: http://www.davidausubel.org/index.html. Acesso em: 24 conjuntos. 2024.

AUSUBEL, David Paul; NOVAK, Joseph Donald; HANESIAN, Helen. **Psicologia Educacional**. Rio de Janeiro: Interamericana Ltda., 1980.

BANET, Enrique; AYUSO, Enrique. Teaching genetics at secondary school: A strategy for teaching about the location of inheritance information. **Science Education**. v. 84, n. 3, p. 313 - 351, 2000.

BARDIN, Laurence. **Análise de conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2016. 280 p.

BELIZÁRIO, José Ernesto. O próximo desafio, reverter o câncer. **Ciência Hoje**. v. 31, n. 184, p. 51-57, 2002.

BEREZUK, Paulo Augusto, INADA Paulo. Avaliação dos laboratórios de ciências e biologia das escolas públicas e particulares de Maringá, Estado do Paraná. **Acta Scientiarum. Ciências Humanas e Sociais** [en linea]. v. 32, n. 2, p. 207-215, 2010.

BECKER, Howard. **Segredos e Truques da Pesquisa**. Rio de Janeiro: Zahar, 2007.

BORGES, Antonio Tarciso. Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 19, n. 3, p. 291-313, 2002.

BORGES, Regina Maria Rabello. **Em debate**: cientificidade e educação em ciências. 2 ed. rev. ampl. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2007. 118 p.

BRAGA, Cleonice Miguez da Silva. **O Uso de Modelos no Ensino da Divisão Celular na Perspectiva da Aprendizagem Significativa**. 2010. 173 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) - Universidade de Brasília, Brasília, 2010.

BRASIL. Ministério da Educação e do Desporto. **Base Nacional Comum Curricular**: versão definitiva. Brasília: MEC, 2018.

BRASIL. Ministério de Educação e Cultura. **Lei nº 9394/96**, **de 20 de dezembro de 1996.** Estabelece as Diretrizes e Bases da Educação Nacional. Brasília: MEC, 1996. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9394.htm. Acesso em: 30 abr. 2023.

BRASIL. [Constituição (1988)]. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília, DF: Presidente da República, [2024]. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em: 30 abr. 2024.

BRASIL, Diário Oficial da União -DOU nº 12 – quinta-feira, 13 de junho de 2013 – Seção 1 – Página 59. **Resolução nº 466, de 12 de dezembro de 2012**. https://www.gov.br/conselho-nacional-de-saude/pt-br/acesso-a-informacao/legislacao/resolucoes/2012/resolucao-no-466.pdf/view. Acesso em: 13 de dez. de 2024.

BRASIL. Ministério da Educação. **Portaria nº 399, de 8 de março de 2023**. Institui a consulta pública para a avaliação e reestruturação da política nacional do Ensino Médio. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 9 mar. 2023. Disponível em: https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-n-399-de-8-de-marco-de-2023-468762771. Acesso em: 25 jan. 2025.

BUGALLO, Ánxela Rodríguez. La Didáctica de La Genética: revision bibliográfica. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 13, n. 3, p. 379-385, 1995.

CALLAGHAN, Michael; HARKIN, Jim; MCGINNITY, Thomas Martin; MAGUIRE, Lion. Intelligent User Supportin Autonomous Remote Experimentation Environments. **Trabalho apresentado em IEE Transation Industrial Eletronics**, v. 55, n. 6, p. 2355-2367, junho de 2008.

CARDOSO, Dayane Carvalho;TAKAHASHI Eduardo Kojy. Experimentação remota em atividades de ensino formal: um estudo a partir de periódicos Qualis A. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências** [en linea], v. 11, n. 3, p. 185-208, 2011.

CARVALHO, Ana Maria Pessoa de; IZIDORO, Emerson; AZEVEDO, Maria Cristina Paternostro Stella de; DATE, Marlene Petruche da Silva; FUJII, Seiji Ricardo Sano; BRICCIA, Viviane (Org.); **Calor e temperatura:** um ensino por investigação. 1 ed. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2014.

CASINI, Marco; PRATTICHIZZO, Domenico; VICINO, Antonio. E-learning by remote laboratories: A new tool for control education. **IFAC Proceedings Volumes**, v. 36, n. 10, p. 73-78, 2003.

CAVALCANTI, Juliano. **Unidade de ensino potencialmente significativa para estudo do sistema respiratório humano no ensino fundamental II**. 2016. 89 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática), Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2016.

COLL, César. Aprender y enseñar con las TIC: expectativas, realidad y potencialidades. **Boletín de la Institución Libre de Enseñanza**, Madrid, n. 72, p. 1-23, 2008.

COLL, César; MONEREO, Carles. **Psicologia da Educação Virtual.** Porto Alegre: Artmed, 2010.

CORRÊA, Geny Dias; CORRÊA, Carlos José; SANTOS, Victor Batista dos. O laboratório de aprendizagem e a reconstrução do conhecimento. *In*: XXIX CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA–COBENGE. **Anais [...]** Porto Alegre, p. 336-340, 2001.

COUTINHO, Clara. Pereira. **Metodologia de investigação em ciências sociais e humanas**: Teoria e prática. 2. ed. Coimbra: Almedina, 2014.

CRESWELL, John W. **Investigação qualitativa e projeto de pesquisa**: Escolhendo entre cinco abordagens. 3. ed. Porto Alegre: Penso Editora, 2014.

DALGARNO, Barney; BISHOP, Andrea; ADLONG, Willian; BEDGOOD JR., Danny. Effectiveness of a Virtual Laboratory as a preparatory resource for Distance Education chemistry students. **Computers & Education**, v. 53, n. 3, p. 853-865, mai. 2009.

DELIZOICOV, Demétrio; ANGOTTI, José André; PERNAMBUCO, Marta Maria Castanho Almeida. **Ensino de Ciências**: fundamentos e métodos. 4 ed. São Paulo: Cortez. 2011.

DESGAGNÉ, Serge. O conceito de pesquisa colaborativa: a ideia de uma aproximação entre pesquisadores universitários e professores práticos. **Revista Educação em Questão**, v. 29, n. 15, p. 7-35, 2007. Disponível em: https://periodicos.ufrn.br/educacaoemquestao/article/viewFile/4443/3629. Acesso em: 10 out. de 2024.

DOURADO, Simone; RIBEIRO, Ednaldo. Metodologia qualitativa e quantitativa. *In*: MAGALHÃES JÚNIOR, Carlos Alberto de Oliveira; BATISTA, Michel Corci (Orgs.).

Metodologia da pesquisa em educação e ensino de ciências. 2. ed. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2023. p. 12-30.

FERNANDES, Mayala. Greve dos professores no Paraná reúne cerca de 20 mil em manifestação. **Brasil de Fato Paraná**, Curitiba, 3 jun. 2024. Disponível em: https://www.brasildefatopr.com.br/2024/06/03/greve-dos-professores-no-parana-reune-cerca-de-20-mil-em-manifestacao#:~:text=A%20greve%20foi%20deflagrada%20ap%C3%B3s,Secretaria%20de%20Educa%C3%A7%C3%A3o%20(Seed). Acesso em: 28 de jan. de 2025.

FLICK, Uwe. **Introdução à pesquisa qualitativa**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

FUNERAL INNOVATIONS (West Des Moines – Iowa/EUA). **In loving memory of David P. Ausubel, M.D., PH.D**. Disponível em: http://funeralinnovations.com/obituaries/view/181861/2. Acesso em: 24 set. 2024.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetas de pesquisa.** 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002. 175 p.

GOLDBACH, Tânia; MACEDO, Aretusa Goulart Andrade. Produção científica e saberes escolares na área de ensino de genética: olhares e tendências. *In*: VII JORNADAS LATINO-AMERICANAS DE ESTUDOS SOCIAIS DAS CIÊNCIAS E DAS TECNOLOGIAS, 2008, **Anais [...]** Rio de Janeiro. Disponível em: <http://www.necso.ufrj.br/esocite2008/trabalhos/36294.doc21>Acesso em: jul. 2024.

GRIFFITHS, Anthony J. F.; WESSLER, Susan R.; CARROLL, Sean B.; DOEBLEY, John. **Introdução à Genética**. Trad. por Sylvia Werdmüller von Elgg Roberto. 11 ed. Rio de Janeiro: Guanabarra Koogan, 2016.

HANAHAN, Douglas; WEINBERG, Robert A. The hallmarks of cancer. **Cell**, v. 100, n. 1, p. 57-70. 2000.

HIRAI, Erci Naomi Tanaka. **Unidade de ensino potencialmente significativas para experimentos com leds**. 2017. 62 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Física) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2017.

JOHNSTONE, Alex; AL-SHUAILI, Ali. Learning in the laboratory; some thoughts from the literature. **University Chemistry Education**, v. 5, n. 2, p. 42-51. 2001.

JUNQUEIRA, Luiz Carlos; CARNEIRO, José. **Biologia celular e molecular**. 9. ed. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan, 2012. 376 p.

JUSTINO, Márcio José de Castro; OLIVEIRA, Juarez Júnio Araújo de; BRAGA, Erlondones Alencar; CALDEIRA, Marcelo Maia. Implementação de um laboratório virtual de física clássica utilizando o software de animação flash. *In*: IV ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇ AO EM CIÊNCIAS, **Anais [...]** Bauru, SP. 2003.

KERR, John Fairhurst. **Pratical work in school science: an account of an inquiry into the nature and purpose of pratical work in school science in England an Wales**. Leicester: Leicester University press, 1964.

KUHN, Thomas Samuel. **A estrutura das revoluções científicas**. Tradução: Beatriz Vianna Boeira e Nelson Boeira. 12. ed. São Paulo: Perspectiva, 1976. 218 p.

LIOTTA, Lance A.; KOHN, Elise C. 'The microenvironment of the tumourhost interface'. **Nature**, v. 411, p. 375, 2001.

MALINOWSKI, Bronislaw. **Argonautas do Pacífico Ocidental**: um relato do empreendimento e da aventura dos nativos nos arquipélagos da Nova Guiné Melanésia. São Paulo: Ubu Editora, 2018.

MASINI, Elcie F. Salzano; MOREIRA, Marco Antonio. **Aprendizagem Significativa na Escola**. Curitiba: CRV, 2017. 88 p.

MEDEIROS, Alexandre; MEDEIROS, Cleide Farias de. Possibilidades e limitações das simulações computacionais no ensino da Física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 24, n. 2, p. 77-86, 2002.

MENDONÇA, Viviane Fernandes. **Contribuições de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa para a Aprendizagem Significativa do Dogma Central da Biologia Molecular**. 2023. 107 f. Dissertação (Mestrado em Ensino) – Universidade Estadual do Paraná – Campus de Paranavaí, Paranavaí, 2023.

MERTENS, Donna. **Research Methods in Education and Psychology**: Integrating Diversity with Quantitative & Qualitative Approaches. London: Sage Publications, 1998.

MOREIRA, Marco Antonio; MASINI, Elcie F. Salzano. **Aprendizagem significativa**: A teoria de David Ausubel. São Paulo: Moraes, 1982. 112 p.

MOREIRA, Marco Antonio. **Teorias de Aprendizagem**. São Paulo: EPU, 1999. 195 p.

MOREIRA, Marco Antonio. Aprendizagem significativa crítica (critical meaningful learning). *In*: III ENCONTRO INTERNACIONAL SOBRE APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA. **Anais [...]** Lisboa (Peniche): 2000. p. 33- 45.

MOREIRA, Marco Antonio. **A Teoria da Aprendizagem Significativa e sua implementação e sala de aula**. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2006.

MOREIRA, Marco Antonio. **Mapas Conceituais e Aprendizagem Significativa**. São Paulo: Centauro, 2010. 80 p.

MOREIRA, Marco Antonio. Unidades de Enseñanza Potencialmente Significativas – UEPS. **Aprendizagem Significativa em Revista**, Porto Alegre, v. 1, n. 2, p. 43-63, 2011.

MOREIRA, Marco Antonio. **Aprendizagem significativa, organizadores prévios, mapas conceituais, digramas V e Unidades de ensino potencialmente significativas**. Instituto de Física, Pontifícia Universidade Católica do Paraná, 2013a, 87 p. Disponível em: https://profjudes.unir.br/uploads/44444444/arquivos/TAS_1490483223.pdf. Acesso em 30 de jan. de 2025.

MOREIRA, Marco Antonio. Aprendizagem significativa em mapas conceituais. **Textos de apoio ao professor de física**, v. 24, n. 6, p.1-49, 2013b.

MOREIRA, Marco Antonio. Aprendizagem significativa em ciências: condições de ocorrência vão muito além de pré-requisitos e motivação. **ENCITEC**, Santo Ângelo, v. 11, n. 2, p. 25-35, 2021.

NEDIC, Zorica; MACHOTKA, Jan; NAFALSKI, Andrew. Remote Laboratories Versus Virtual and Real Laboratories**. 33 edição anual Fronteiras na Educação**, Westminster, CO, EUA. 2003.

NETO, José Augusto da Silva Pontes. Teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel: perguntas e respostas. **Série-Estudos-Periódico do Programa de Pós-Graduação em Educação da UCDB**, Campo Grande, n. 21, p. 117-130, 2006.

NOVAK, Joseph Donald. **Uma teoria de educação**. São Paulo: Pioneira, 1981.

NOVAK, Joseph Donald; CAÑAS, Alberto J. A teoria subjacente aos mapas conceituais e como elaborá-los e usá-los. **Práxis educativa**, Ponta Grossa, v. 5, n. 1, p. 9-29, 2010.

OLIVEIRA, Manuel Joaquim Silva de. **Explorando simulações e laboratórios virtuais multimídia como recursos de aprendizagem de física**. 2022. 177 f. Tese (Tese de Doutorado em Informática na Educação) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2022.

OSTERMANN, Fernanda; CAVALCANTI, Cláudio José de Holanda. **Teorias de Aprendizagem**. - Porto Alegre: Evangraf; UFRGS, 2011. 58 p.

PARANÁ. Secretaria de Estado da Educação. **Referencial Curricular do Paraná: Princípios, Direitos e Orientações**. Curitiba: SEED, 2018. Disponível em: http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/bncc/2018/referencial_curricular_parana_cee.pdf. Acesso em: 25 jan. 2025.

PEDRANCINI, Vanessa Daiana; CORAZZA-NUNES, Maria Júlia; GALUCH, Maria Terezinha Bellanda; MOREIRA, Ana Lúcia Olivo Rosas; RIBEIRO, Alessandra Claudia. Ensino e aprendizagem de Biologia 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.

PELIZZARI, Adriana; KRIEGL, Maria de Lurdes; BARON, Márcia Pirih; FINCK, Nelcy Teresinha Lubi; DOROCINSKI, Solange Inês. Teoria da aprendizagem significativa segundo Ausubel. **Revista PEC**, v. *2*, n. 1, p. 37 - 42, 2002.

PINHO-ALVES, Jose Filho. **Atividades experimentais: do método a prática construtivista**. 2000. 312 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.

POZO, Juan Ignacio; CRESPO, Miguel Angel Gómez. **A aprendizagem e o ensino de ciências–do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico.** 5 ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

PPP (Projeto Político Pedagógico) do Colégio Estadual Dr. Marins Alves de Camargo. Paranavaí, Paraná, 2018. Disponível em: http://www.pvamarinscamargo.seed.pr.gov.br/redeescola/escolas/22/1860/21/arquivos/File/PPP_2018.doc. Acesso em: 27 de jan. de 2025.

PRAIA, João Félix. Aprendizagem significativa em D. Ausubel: contributos para uma adequada visão da sua teoria e incidências no ensino. *In*: III ENCONTRO 94 INTERNACIONAL SOBRE APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA. **Anais**... Peniche, 2000. p. 121-134.

PUHL, Cassiano Scott; MÜLLER, Thaísa Jacintho; LIMA, Isolda Gianni de. As contribuições de David Ausubel para os processos de ensino e de aprendizagem. **REVISTA DYNAMIS**, Blumenau, v. 26, n. 1, p. 61- 77, 2020.

QEDU, **Ideb** do Colégio Estadual Dr. Marins Alves de Camargo. 2023. Disponível em: https://qedu.org.br/escola/41002326-marins-a-de-camargo-c-e-dr-ef-m-profis. Acesso em: 27 de jan. de 2025.

RAMOS-PAJA, Carlos Andrés; SCARPETTA, José Miguel Ramírez; MARTÍNEZ-SALAMERO, Luis. Integrated Learning Platformfor Internet-Based ControlEngineeringEducation. **Trabalho apresentado em IEE Transation Industrial Eletronics** v. 57, n. 10, p. 3284-3296, out. de 2010.

RAY, Sandipan; KOSHY, Nicole Rachel; REDDY, Panga Jaipal; SRIVASTAVA, Sanjeeva. Virtual labs in proteomics: new E-learning tools. **Journal of Proteomics**, Amsterdam, v. 75, n. 9, p. 2515-2525, 2012.

ROCHA FILHO, João Bernardes da; BASSO, Nara Regina de Souza; BORGES, Regina. Maria Rabello. **Transdisciplinaridade**: a natureza íntima da Educação Científica. 2 ed. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2009. 130 p.

SÁ, Risonilta Germano Bezerra de; LOPES, Fernanda Muniz Brayner; PEREIRA, Alba Flora; JÓFILI, Zélia Maria Soares; CARNEIRO-LEÃO, Ana Maria dos Anjos. Conceitos abstratos: desafios para o ensino-aprendizagem de Biologia. *In:* III CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA – SENAC. **Anais eletrônicos** [...] São Paulo: 2008. p. 01-05. Disponível em: http://www.pe.senac.br/congresso/anais/2008/ap_19_09_T/03_conceitos-abstratos.pdf. Acesso em: 11 de nov. de 2024.

SCHIMIDT, Marcelo Augusto Rauh; TAROUCO, Liane Margarida Rockenbach. Metaversos e laboratórios virtuais – possibilidades e dificuldades. **Revista de Novas Tecnologias na Educação**, Porto Alegre, v. 6, n. 1, p 1-12, jul/2008.

SIMBIO. **SimBio***:* Simulador Biológico. 2025. Disponível em: https://simbio.com/. Acesso em: 27 jan. 2025.

SOUZA, Nadia Aparecida de; BORUCHOVITCH, Evely. Mapas conceituais: estratégia de ensino/aprendizagem e ferramenta avaliativa. **Educação em Revista**, Belo Horizonte, v. 26, n. 3, p. 195-217, 2010.

TAVARES, Romero. Construindo mapas conceituais. **Ciências & cognição**, Rio de Janeiro, v. 12, p. 71-85, 2007.

TETOUR, Yvonne; BOEHRINGER, David; RICHTER, Thomas. Integration of Virtual and Remote Experiments into Undergraduate Engineering Courses. *In*: 41st ASEE/IEEE FRONTIERS IN EDUCATION CONFERENCE, **Anais**…, Rapid City, SD. 2011. p. 1-6.

TOMIC, Josif; SLANKAMENAC, Milos; KUSLJEVIC, Miodrag; ZIVANOV, Milos. A virtual laboratory for teaching frequency estimation techniques. *In*: INTERNATIONAL POWER ELECTRONICS AND MOTION CONTROL CONFERENCE. **Anais [...]** Novi Sad, Serbia. 2012. p. 1-6.

VIEIRA, Tatiana Cuberos; CASTANHO, Maria Eugênia E. Sociedade atual e a Revolução da Informação: ganhos e perdas. **Contrapontos**, v. 8, n. 2, p. 171-185, 2008.

XAVIER, Agamenon Pereira. **Laboratório Virtual Versus Laboratório Material**: A Aprendizagem de Física com Intervenções Tradicionais e Investigativas. 2018. 220 f. Tese (Doutorado em Ensino, Filosofia e História das Ciências) - Universidade Federal da Bahia, Salvador, BA. 2018.

ZARA, Reginaldo Aparecido. Reflexão sobre a eficácia do uso de um ambiente virtual no ensino de Física. *In*: II ENCONTRO NACIONAL DE INFORMÁTICA E EDUCAÇÃO. **Anais [...]**. Cascavel: 2011. p. 265-272.

ZÔMPERO, Andreia Freitas; LABURÚ, Carlos Eduardo. Atividades investigativas no ensino de ciências: aspectos históricos e diferentes abordagens. **Ensaio,** Belo Horizonte, v. 13, n. 3, p. 67-80, 2011.

ZUBIA, Javier Garcia; CUADROS, Jordi; ROMERO, Susana; HERNANDEZ-JAYO, Unai; ORDUNA, Pablo; GUENAGA, Mariluz; GONZÁLEZ-SABATE, Lucinio; GUSTAVSSON, Ingvar. Análise empírica do uso do laboratório remoto VISIR no ensino de eletrônica analógica**. IEEE Transactions on Education,** v. 60, n. 2, p. 149-156, 2017.

APÊNDICES

APÊNDICE A

Questionário Pré-teste

Este questionário tem por objetivo verificar os conhecimentos dos discentes em relação ao conteúdo de Divisão Celular. De modo a adquirir dados para a pesquisa da mestranda Eloiny Fernanda de Souza, sob orientação da Profa. Dra. Marcia Regina Royer, do Programa de Pós-Graduação de Mestrado em Formação Docente Interdisciplinar (PPIFOR).

Nome completo: _____ Turma: _____

E-mail (caso possuir):_____

Nº de telefone (WhatsApp):_____

Questões sobre Divisão Celular

1. Em suas palavras, escreva o que é o processo de Divisão Celular?

   _____

   _____

   _____

2. Quais etapas ocorrem na meiose e na mitose? E quais organismos apresentam os dois processos?

   _____

   _____

   _____

3. Uma célula somática, que tem quatro cromossomos, ao se dividir, apresenta na metáfase:

a) quatro cromossomos distintos, cada um com duas cromátides.
b) quatro cromossomos distintos, cada um com uma cromátide.
c) quatro cromossomos, pareados dois a dois, cada um com duas cromátides.
d) quatro cromossomos, pareados dois a dois, cada um com uma cromátide.
e) dois cromossomos, cada um com duas cromátides.

4. No processo de divisão celular denominado meiose, durante o *crossing-over*, ocorre(m):

a) fusão de material proveniente de espécies diferentes.
b) perda de parte dos cromossomos.
c) trocas de partes entre cromossomos homólogos.
d) formação da parede celular.
e) formação de glicocálix.

5. Nos seres humanos, a meiose relaciona-se com:

a) a multiplicação de células a partir do zigoto.

b) o crescimento do indivíduo.
c) a regeneração de partes lesionadas.
d) a produção de gametas.
e) a produção de esporos.

6. Considere os processos de mitose e meiose.

a) Qual o número de cromossomos das células originadas, respectivamente, pelos dois processos, na espécie humana?

_____

_____

_____

b) Qual é a importância biológica da meiose?

_____

_____

_____

7. Quando há um corte na pele, que tipo de divisão ocorre no processo da cicatrização? Geneticamente, como são as células-filha em relação à célula que lhes deu origem nesse tipo de divisão celular?

_____

_____

APÊNDICE B

O Câncer

O câncer, um termo que engloba mais de 200 doenças distintas, surge devido ao crescimento e multiplicação anormal das células do corpo, também conhecido como neoplasia. A oncologia é a especialidade médica responsável pelo estudo e tratamento do câncer, com o oncologista sendo o profissional encarregado desse cuidado. Se não tratados, os cânceres podem resultar em doenças graves e até mesmo em morte.

As células normais do corpo humano seguem um ciclo de crescimento, divisão e morte ordenado. Durante a infância, ocorre uma divisão celular mais rápida para permitir o desenvolvimento, enquanto na fase adulta, a maioria das divisões celulares serve para substituir células desgastadas ou danificadas.

O câncer tem início quando as células de um órgão ou tecido começam a crescer descontroladamente, diferentemente do processo normal de crescimento celular. Essas células cancerosas continuam a crescer e se dividir de forma anormal, além de poderem invadir outros tecidos, um comportamento não observado em células normais. Esse crescimento descontrolado é causado por danos no DNA, que podem ser herdados ou adquiridos ao longo da vida, muitas vezes devido a fatores ambientais como tabagismo ou exposição ao sol.

A disseminação do câncer, conhecida como metástase, ocorre quando as células cancerosas entram na corrente sanguínea ou nos vasos linfáticos, migrando para outras partes do corpo e formando novos tumores. Independentemente de onde se espalhou, o câncer é nomeado de acordo com o local de origem.

Os diferentes tipos de câncer podem ser agrupados em categorias amplas, como carcinomas, sarcomas, leucemias, linfomas e mielomas, e cânceres do sistema nervoso central. Além disso, nem todos os tumores são malignos; os tumores benignos, embora possam causar problemas locais, não se espalham para outras partes do corpo e não são cancerosos.

Apesar de ser uma doença comum, com metade dos homens e um terço das mulheres desenvolvendo câncer em algum momento da vida, há maneiras de reduzir o risco, como adotar um estilo de vida saudável e realizar exames de rastreamento para diagnóstico precoce. Com o tratamento adequado, muitos pacientes têm uma boa perspectiva de cura, especialmente quando o câncer é detectado precocemente.

Adaptado de: ONCOGUIA, Equipe. O câncer. **Oncoguia.** 2015. Disponível em: https://www.oncoguia.org.br/conteudo/o-cancer/12/1/. Acesso em: 25 abril 2024.

Questões para a discussão

1. De acordo com o texto, o que é o câncer?

   _____

   _____

   _____

2. O que causa o câncer?

   _____

   _____

3. Por que é importante entender o processo normal de divisão celular para compreender o desenvolvimento do câncer?

   _____

   _____

   _____

   _____

APÊNDICE C

LINKS DE ACESSO PARA O SIMULADOR E ROTEIROS UTILIZADOS DURANTE A IMPLEMENTAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA:

Link de acesso para o SimBio: https://simbio.com/preview-installer/

Link para acesso aos roteiros de meiose e mitose: https://drive.google.com/drive/folders/1q12QO1y3n1r2gSieog8wHwikJP8HH5_H?usp=drive_link

APÊNDICE D

Questionário Pós-teste

Este questionário tem por objetivo verificar os conhecimentos dos discentes em relação ao conteúdo de Divisão Celular após a aplicação da UEPS. De modo a adquirir dados para a pesquisa da mestranda Eloiny Fernanda de Souza, sob orientação da Profa. Dra. Marcia Regina Royer, do Programa de Pós-Graduação de Mestrado em Formação Docente Interdisciplinar (PPIFOR).

Nome completo: _____ Turma: _____
E-mail (caso possuir):_____
Nº de telefone (WhatsApp): _____

1. Qual a importância biológica da meiose? E da mitose?
   _____
   _____
   _____

2. Considerando seus conhecimentos, como a meiose é diferente da mitose e onde ela ocorre no corpo humano?
   _____
   _____
   _____

3. Descreva o papel do DNA durante a divisão celular e como ele é distribuído para as células filhas em ambos os processos (meiose e mitose).
   _____
   _____
   _____

4. Qual processo de divisão celular promove o aumento da variabilidade genética e como isso ocorre?
   _____
   _____

APÊNDICE E: FOLHA DE ROSTO PARA PESQUISA ENVOLVENDO SERES HUMANOS EMITIDA PELA PLATAFORMA BRASIL E ASSINADA PELO RESPONSÁVEL DA INSTITUIÇÃO PROPONENTE.

MINISTÉRIO DA SAÚDE - Conselho Nacional de Saúde - Comissão Nacional de Ética em Pesquisa – CONEP

FOLHA DE ROSTO PARA PESQUISA ENVOLVENDO SERES HUMANOS

1. Projeto de Pesquisa: INVESTIGAÇÃO DO USO DE LABORATÓRIOS VIRTUAIS NO ENSINO DE DIVISÃO CELULAR			
2. Número de Participantes da Pesquisa: 35			
3. Área Temática:			
4. Área do Conhecimento: Grande Área 2. Ciências Biológicas , Grande Área 7. Ciências Humanas			
PESQUISADOR			
5. Nome: MARCIA REGINA ROYER			
6. CPF: 870.100.899-49	7. Endereço (Rua, n.º): INHAUMA ZONA 03 731 , apto 1504 MARINGA PARANA 87050170		
8. Nacionalidade: BRASILEIRO	9. Telefone: 44998527038	10. Outro Telefone:	11. Email: marciaroyer@yahoo.com.br

Termo de Compromisso: Declaro que conheço e cumprirei os requisitos da Resolução CNS 466/12 e suas complementares. Comprometo-me a utilizar os materiais e dados coletados exclusivamente para os fins previstos no protocolo e a publicar os resultados sejam eles favoráveis ou não. Aceito as responsabilidades pela condução científica do projeto acima. Tenho ciência que essa folha será anexada ao projeto devidamente assinada por todos os responsáveis e fará parte integrante da documentação do mesmo.

gov.br Documento assinado digitalmente
MARCIA REGINA ROYER
Data: 19/04/2024 11:25:30-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Data: 19 / 04 / 2024

Assinatura

INSTITUIÇÃO PROPONENTE		
12. Nome: UNIVERSIDADE ESTADUAL DO PARANA	13. CNPJ: 05.012.896/0001-42	14. Unidade/Órgão:
15. Telefone: (41) 3281-7300	16. Outro Telefone:	

Termo de Compromisso (do responsável pela instituição): Declaro que conheço e cumprirei os requisitos da Resolução CNS 466/12 e suas Complementares e como esta instituição tem condições para o desenvolvimento deste projeto, autorizo sua execução.

Responsável: Márcia Marlene Stentzler CPF: 589.555.349-49

Cargo/Função: Coordenadora do Programa de Pós-graduação: PPIFOR

gov.br Documento assinado digitalmente
MARCIA MARLENE STENTZLER
Data: 19/04/2024 20:58:03-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Data: 19 / 04 / 2024

Assinatura

PATROCINADOR PRINCIPAL
Não se aplica.

APÊNDICE F: PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP COM A APROVAÇÃO DA PESQUISA.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO PARANÁ - UNESPAR

PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: INVESTIGAÇÃO DO USO DE LABORATÓRIOS VIRTUAIS NO ENSINO DE DIVISÃO CELULAR

Pesquisador: MARCIA REGINA ROYER

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 79308524.6.0000.9247

Instituição Proponente: UNIVERSIDADE ESTADUAL DO PARANA

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 6.819.994

Apresentação do Projeto:

Foram retiradas do arquivo Informações Básicas da Pesquisa (PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_2328162.pdf, de 21/04/2024): RESUMO, HIPÓTESE e CRITÉRIOS DE INCLUSÃO E CRITÉRIOS DE EXCLUSÃO.

O objetivo da presente pesquisa é Elaborar e implementar uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) com a utilização de Laboratórios Virtuais de Aprendizagem (LVA), que contemplam as animações e simulações, com o intuito de investigar sua contribuição para a Aprendizagem Significativa (AS) da Divisão Celular. A Biologia Celular é a base do currículo da disciplina de Biologia, pois esta permite a maior e

melhor compreensão do funcionamento dos organismos a partir do estudo da estrutura e do funcionamento das células, assim como a interação entre elas. Todavia, apesar da grande relevância do conteúdo de Biologia Celular, em especial o processo de Divisão Celular, há certas dificuldades encontradas no seu processo de ensino e aprendizagem, como a alta abstração dos conceitos, a falta de microscópios ou laboratórios de ciências nas escolas, a distância do conteúdo com a realidade do educando, o que gera a falta de interesse, além da falta de qualificação para ensinar entre os docentes, dentre outras. Neste contexto, a problemática a ser abordada nesta pesquisa é o questionamento: Quais as contribuições da utilização dos Laboratórios Virtuais de Aprendizagem (LVA) para o processo de ensino e aprendizagem de Divisão Celular no Ensino Médio, a partir de uma Unidade de Ensino

Endereço: Av:Gabriel Esperidião s/n sala 20
Bairro: Jardim Morumbi **CEP:** 87.703-000
UF: PR **Município:** PARANAVAI
Telefone: (44)99973-4064 **Fax:** (44)3141-4334 **E-mail:** cep@unespar.edu.br

Potencialmente Significativa (UEPS)? A partir deste problema de pesquisa desenvolvemos uma UEPS, baseando-se nos estudos de Moreira, que teve como precursor Ausubel, para posteriormente aplicá-la em uma turma do primeiro ano do Ensino Médio de um Colégio
Estadual Público da cidade de Paranavaí, PR. Neste momento de aplicação serão utilizados questionários pré-teste e pós-teste, além de dois Mapas Conceituais, gravações da leitura de tais mapas e um diário de campo. Os dados obtidos a partir dos instrumentos de coleta citados, serão analisados minuciosamente, seguindo critérios, para tentar avaliar se o experimento apresentou uma melhora no ensino de Divisão Celular. Esperase que os resultados obtidos através deste estudo possa servir de embasamento para a utilização dos LVA nas escolas, bem como mitigar as dificuldades do ensino/aprendizagem deste conteúdo (Divisão Celular).
Hipótese:
A utilização dos Laboratórios Virtuais de Aprendizagem (LVA) em conjunto com uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) pode promover uma melhoria significativa no processo de ensino e aprendizagem de Divisão Celular no Ensino Médio. Através da imersão em ambientes virtuais interativos e contextualizados, os alunos podem desenvolver uma compreensão mais profunda dos conceitos de Divisão Celular, facilitando a internalização do conhecimento e promovendo uma aprendizagem mais significativa. Além disso, a abordagem centrada no aluno e a aplicação prática dos conceitos em situações do cotidiano podem aumentar o engajamento dos estudantes, motivando-os a explorar e entender melhor os processos celulares.
Critério de Inclusão:
Critério de inclusão: estudantes regularmente matriculados no primeiro ano (1º C) do Ensino Médio, turno matutino, do Colégio Estadual Dr. Marins Alves de Camargo EFMP, do município de Paranavaí, Paraná.
Critério de Exclusão:
Critério de exclusão: estudantes que não estiverem regularmente matriculados no primeiro ano(1º C) do Ensino Médio, turno matutino, do Colégio Estadual Dr. Marins Alves de Camargo EFMP, do município de Paranavaí, Paraná.

Objetivo da Pesquisa:
Objetivo Primário:
Elaborar e implementar uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) com a utilização de Laboratórios Virtuais de Aprendizagem (LVA), que contemplam as animações e

Endereço: Av:Gabriel Esperidião s/n sala 20
Bairro: Jardim Morumbi **CEP:** 87.703-000
UF: PR **Município:** PARANAVAI
Telefone: (44)99973-4064 **Fax:** (44)3141-4334 **E-mail:** cep@unespar.edu.br

simulações, com o intuito de investigar sua contribuição para a Aprendizagem Significativa (AS) da Divisão Celular.

Objetivo Secundário:

1. Averiguar se há evidências de diferenciação progressiva e/ou reconciliação integrativa; 2. Identificar se a aplicação de Laboratórios Virtuais potencializam o processo de ensino-aprendizagem em relação ao conteúdo de Divisão Celular;3. Examinar se os materiais utilizados na sequência didática foram potencialmente significativos para o ensino da divisão celular.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos:

Alguns riscos e desconfortos podem surgir no decorrer da pesquisa, como por exemplo, ansiedade e/ou timidez diante das informações questionadas e tempo dedicado à participação na pesquisa, sobre as quais em acaso de ocorrência, a pesquisadora se compromete a realizar rodas de conversa com os estudantes, permitindo o diálogo entre eles e a mesma, de forma a minimizar estes. Além de ressaltar que a participação do estudante é completamente voluntária, e ele(a) pode recusar-se a participar ou desistir a qualquer momento, sem que isto acarrete qualquer ônus ou prejuízo à ele(a).

Benefícios:

Espera-se que este estudo proporcione benefícios significativos, como a elaboração de atividades que facilitem a compreensão de conteúdos desafiadores por parte de todos os alunos. Além disso, a pesquisa visa contribuir para o enriquecimento do conhecimento científico dos professores, capacitando-os a aprimorar suas práticas pedagógicas e lecionar de forma mais eficaz sobre o tema abordado.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Trata-se de uma pesquisa realizada no Brasil, no estado do Paraná, município de Paranavaí. De caráter acadêmico para a obtenção do título de Mestre. Se dará com 35 participantes de uma escola da rede estadual.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Vide Campo ¿Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações¿.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO PARANÁ - UNESPAR

Continuação do Parecer: 6.819.994

Recomendações:

Indica-se ao submeter o protocolo de pesquisa ao comitê de ética que a coleta de dados seja iniciada 40 dias após o envio.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Não foi encontrado óbice ético no protocolo de pesquisa apresentado.

Considerações Finais a critério do CEP:

Ressalta-se que cabe ao pesquisador responsável encaminhar os relatórios da pesquisa, por meio da Plataforma Brasil, via notificação do tipo ¿relatório¿ para que sejam devidamente apreciadas no CEP, conforme Resolução CNS nº 466/12, item XI.2.d e Resolução CNS nº 510/16, art. 28, item V.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_2328162.pdf	21/04/2024 18:00:14		Aceito
Folha de Rosto	folhaDeRosto_Eloiny_assinado_assinado.pdf	21/04/2024 17:48:29	Eloiny Souza	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Roteiro_do_Projeto_Brochura_PlataformaBrasil_CEP.pdf	19/04/2024 10:22:03	Eloiny Souza	Aceito
Outros	CONCORDANCIADAINSTITUICAOCOPARTICIPANTE_ANEXOVdaRESOLUCAON406_2018GS_SEED.pdf	19/04/2024 10:21:50	Eloiny Souza	Aceito
Declaração de concordância	TERMODECONCORDANCIADONREPARAUNIDADECEDENTE_ANEXOVI_RESOLUCAON406_2018GS_SEED.pdf	19/04/2024 10:21:36	Eloiny Souza	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TERMO_DE_CONSENTIMENTO_LIVRE_E_ESCLARECIDO_TCLE.pdf	19/04/2024 10:21:14	Eloiny Souza	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TERMO_DE_AUTORIZACAO_DE_USO_DE_IMAGEM_E_VOZ_MENOR.pdf	19/04/2024 10:21:02	Eloiny Souza	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TERMO_DE_ASSENTIMENTO_LIVRE_E_ESCLARECIDO_TALE.pdf	19/04/2024 10:20:51	Eloiny Souza	Aceito

Endereço: Av:Gabriel Esperidião s/n sala 20
Bairro: Jardim Morumbi **CEP:** 87.703-000
UF: PR **Município:** PARANAVAI
Telefone: (44)99973-4064 **Fax:** (44)3141-4334 **E-mail:** cep@unespar.edu.br

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO PARANÁ - UNESPAR

Continuação do Parecer: 6.819.994

Situação do Parecer:
Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:
Não

PARANAVAI, 13 de Maio de 2024

Assinado por:
Willian Augusto de Melo
(Coordenador(a))

Endereço: Av:Gabriel Esperidião s/n sala 20
Bairro: Jardim Morumbi **CEP:** 87.703-000
UF: PR **Município:** PARANAVAI
Telefone: (44)99973-4064 **Fax:** (44)3141-4334 **E-mail:** cep@unespar.edu.br

APÊNDICE G: DECLARAÇÃO DE AUTORIZAÇÃO DA SECRETARIA DA EDUCAÇÃO PARA A CONDUÇÃO DO PROJETO DE PESQUISA.

PROTOCOLO INTEGRADO DO ESTADO
Fls. 55
Mov. 8

PARANÁ
GOVERNO DO ESTADO
SECRETARIA DA EDUCAÇÃO

ANEXO VI da RESOLUÇÃO N. º 406/2018 – GS/SEED

TERMO DE CONCORDÂNCIA DO NRE PARA A UNIDADE CEDENTE

Senhor (a) Coordenador (a),

Declaramos que este Núcleo Regional de Educação de Paranavaí está de acordo com a condução do projeto de pesquisa INVESTIGAÇÃO DO USO DE LABORATÓRIOS VIRTUAIS NO ENSINO DE DIVISÃO CELULAR, a ser realizado pela pesquisadora Eloiny Fernanda de Souza na Unidade, Colégio Estadual Dr. Marins Alves de Camargo – EFMP, pertencente ao NRE de Paranavaí, PR tão logo o projeto seja aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa, com Seres Humanos, da Universidade Estadual do Paraná, UNESPAR *campus* de Paranavaí, PR.

Estamos cientes que os participantes da pesquisa serão alunos (as) regularmente matriculados no primeiro ano "C", turno matutino, da unidade acima referenciada, pertencentes à Rede Pública de Ensino do Estado do Paraná, bem como de que o presente trabalho deverá seguir a Resolução 466/2012 (CNS) e o Decreto nº 7037, de 2009.

Da mesma forma, temos ciência que a pesquisadora somente poderá iniciar a pesquisa pretendida após encaminhar, a esta Instituição, uma via do parecer de aprovação do estudo emitido pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Estadual do Paraná, UNESPAR *campus* de Paranavaí, PR.

Paranavaí, 16 de abril de 2024

_____

Representante da CAA no NRE

_____

Chefia do NRE

Assinatura Avançada realizada por: **Dione Aparecida de Souza Duraes (XXX.704.319-XX)** em 16/04/2024 15:17 Local: SEED/PVA/SAA, **Emerson Pereira Branco (XXX.789.479-XX)** em 16/04/2024 15:58 Local: SEED/PVA/CH. Inserido ao protocolo **22.024.043-6** por: **Dione Aparecida de Souza Duraes** em: 16/04/2024 15:02. Documento assinado nos termos do Art. 38 do Decreto Estadual nº 7304/2021. A autenticidade deste documento pode ser validada no endereço:

APÊNDICE H: DECLARAÇÃO DE AUTORIZAÇÃO DO DIRETOR RESPONSÁVEL PARA A EFETIVAÇÃO DA PESQUISA NAS INSTALAÇÕES DO COLÉGIO ESTADUAL DR. MARINS ALVES DE CAMARGO - EFMP

PROTOCOLO INTEGRADO DO ESTADO
Fls. 57
Mov. 10

COLÉGIO ESTADUAL DR. MARINS ALVES DE CAMARGO- EFMP

Rua Bahia, 955 Jardim Ouro Branco Paranavaí / Paraná

ANEXO V da RESOLUÇÃO N. º 406/2018 – GS/SEED

CONCORDÂNCIA DA INSTITUIÇÃO COPARTICIPANTE

Declaramos para os devidos fins que a realização da pesquisa intitulada INVESTIGAÇÃO DO USO DE LABORATÓRIOS VIRTUAIS NO ENSINO DE DIVISÃO CELULAR, realizada por Eloiny Fernanda de Souza sob o RG 13.695.685-0 nas dependências da Unidade de ensino: Colégio Estadual Dr. Marins Alves de Camargo – EFMP, do município de Paranavaí, PR, pertencente ao NRE do respectivo município, está autorizada, mediante entrega de Parecer do Comitê de Ética da Universidade Estadual do Paraná, UNESPAR *campus* de Paranavaí, PR.

Paranavaí, 16 de abril de 2024.

Sandro Ectore Volpato
Nome e assinatura do Diretor

Assinatura Avançada realizada por: **Sandro Ectore Volpato (XXX.053.319-XX)** em 16/04/2024 17:04 Local: PVA186000021. Inserido ao protocolo **22.024.043-6** por: **Dione Aparecida de Souza Duraes** em: 16/04/2024 16:08. Documento assinado nos termos do Art. 38 do Decreto Estadual nº 7304/2021. A autenticidade deste documento pode ser validada no endereço: **https://www.eprotocolo.pr.gov.br/spiweb/validarDocumento** com o código: **f5f2a96396f7375db2b97fc6d1b8dcbe**.

ANEXOS

ANEXO A: TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO PARA A PARTICIPAÇÃO NA PESQUISA “INVESTIGAÇÃO DO USO DE LABORATÓRIOS VIRTUAIS NO ENSINO DE DIVISÃO CELULAR NA PERSPECTIVA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA”.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO PARANÁ
Credenciada pelo Decreto Estadual n.º 9.538, de 05/12/2013CNPJ: 05012896/0001-42

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO - TCLE

Senhores pais ou responsáveis,

Venho por meio desta solicitar a autorização para a participação do menor sob sua responsabilidade na pesquisa intitulada "INVESTIGAÇÃO DO USO DE LABORATÓRIOS VIRTUAIS NO ENSINO DE DIVISÃO CELULAR". Este estudo faz parte do curso de Pós-Graduação Stricto Sensu – Mestrado em Ensino: Formação Docente Interdisciplinar – PPIFOR, realizado pela Universidade Estadual do Paraná (UNESPAR), campus de Paranavaí, Paraná, sob a responsabilidade da pesquisadora Eloiny Fernanda de Souza, mestranda do referido programa.

A presente pesquisa tem como objetivo elaborar e implementar uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) com a utilização de Laboratórios Virtuais de Aprendizagem (LVA), que incluem animações e simulações, com o propósito de investigar sua contribuição para a Aprendizagem Significativa (AS) do conteúdo de Divisão Celular. Esclareço que este projeto de pesquisa foi submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da UNESPAR.

Sua autorização é fundamental para a participação do seu(sua) filho(a) ou tutelado(a) nesta pesquisa. Se tiver alguma dúvida ou desejar mais informações sobre o estudo, por favor, entre em contato comigo através dos dados fornecidos abaixo.

Agradeço sua atenção e colaboração.

Atenciosamente,
Eloiny Fernanda de Souza
Acadêmica Pesquisadora do Mestrado em Ensino: Formação Docente Interdisciplinar – PPIFOR da Universidade Estadual do Paraná (UNESPAR), *campus* de Paranavaí, PR.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO PARANÁ
Credenciada pelo Decreto Estadual n.º 9.538, de 05/12/2013CNPJ:
05012896/0001-42

DADOS DO PARECER DE APROVAÇÃO

Emitido Pelo Comitê de Ética em Pesquisa, CEP UNESPAR.

Número do parecer:

Data da relatoria:____/_____/2024.

1. **PARTICIPAÇÃO NA PESQUISA**: É fundamental a participação do seu(sua) filho(a) ou tutelado(a) na pesquisa, que consistirá em intervenções pedagógicas, como aulas expositivas-dialogadas, conversas e discussões, aplicação de questionários e desenvolvimento de mapas conceituais sobre o tema da divisão celular. Todas essas atividades serão realizadas em horários previamente combinados com a professora da turma e a escola.

2. **RISCOS E DESCONFORTOS**: Alguns riscos e desconfortos podem surgir no decorrer da pesquisa, como por exemplo, ansiedade e/ou timidez diante das informações questionadas e tempo dedicado à participação na pesquisa, sobre as quais em acaso de ocorrência, a pesquisadora se compromete a realizar rodas de conversa com os estudantes, permitindo o diálogo entre eles e a mesma, de forma a minimizar estes. É essencial ressaltar que a participação do seu(sua) filho(a) ou tutelado(a) é completamente voluntária, e ele(a) pode recusar-se a participar ou desistir a qualquer momento, sem que isto acarrete qualquer ônus ou prejuízo à ele(a) ou à sua pessoa.

3. **BENEFÍCIOS:** Espera-se que este estudo proporcione benefícios significativos, como a elaboração de atividades que facilitem a compreensão de conteúdos desafiadores por parte de todos os alunos. Além disso, a pesquisa visa contribuir para o enriquecimento do conhecimento científico dos professores, capacitando-os a aprimorar suas práticas pedagógicas e lecionar de forma mais eficaz sobre o tema abordado.

4. **CONFIDENCIALIDADE:** Informamos ainda que as informações coletadas serão utilizadas somente para os fins desta pesquisa, e serão tratadas com o mais

absoluto sigilo e confidencialidade, de modo a preservar a identidade dos envolvidos. Deste modo, todos os dados coletados durante o decorrer do estudo, assim como dados pessoais, ficarão em segredo e os nomes dos envolvidos não aparecerá nos resultados da presente pesquisa, nem mesmo quando forem apresentados.

Além disso, os dados a serem coletados só serão utilizados para fins de publicações científicas, sendo armazenados em uma pasta por um período de até 5 anos, contatos a partir do ano de 2024. Após este período os dados serão descartados.

5. **ESCLARECIMENTOS:** Caso você tenha mais dúvidas ou necessite de esclarecimentos adicionais sobre o estudo e suas consequências, enfim, tudo o que queira saber antes, durante e depois da participação de seu(sua) filho(a) ou tutelado(a), pode nos contatar nos endereços abaixo ou procurar o Comitê de Ética em Pesquisa da UNESPAR, cujo endereço consta neste documento.

Qualquer dúvida com relação à pesquisa poderá ser esclarecida com as **pesquisadoras responsáveis**, por meio dos meios de comunicação no quadro abaixo:

Orientanda: Eloiny Fernanda de Souza	E-mail: elo.fer.souza@gmail.com	(44)9 97380314
Orientadora: Marcia Regina Royer	E-mail: marciaroyer@yahoo.com.br	(44)9 98527038

Ou se ainda preferir, pode ir pessoalmente no endereço abaixo:

Endereço: Av. Gabriel Esperidião, S/N – Jd. Morumbi, Paranavaí, Paraná – CEP: 87703-000 – Procurar pela Secretaria do Mestrado – PPIFOR.

Telefone para contato: (44)9 99848681 (WhatsApp) – Secretaria do Mestrado.

E-mail: ppifor.ensino@unespar.edu.br

Horário de atendimento: a combinar com as pesquisadoras.

Qualquer dúvida com relação aos aspectos éticos da pesquisa poderá ser esclarecida com o **Comitê Permanente de Ética em Pesquisa (CEP) envolvendo Seres Humanos da UNESPAR**, no endereço abaixo:

Unespar *campus* Paranavaí

Avenida Gabriel Esperidião, S/N - Sala 20

Jardim Morumbi, Paranavaí -PR

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO PARANÁ
Credenciada pelo Decreto Estadual n.º 9.538, de 05/12/2013CNPJ: 05012896/0001-42

Contato: 3141- 4334
CEP: 87.703-000

6. **RESSARCIMENTO DAS DESPESAS**: Caso o(a) Sr.(a) autorizar a participação de seu(sua) filho(a) ou tutelado(a) a participar da pesquisa, não receberá nenhuma compensação financeira.

7. **CUSTOS:** Foi esclarecido de que não há nenhum valor econômico, a receber ou a pagar, pela participação de seu(sua) filho(a) ou tutelado(a) na pesquisa, tendo em vista que a participação é **voluntária**

8. **PREENCHIMENTO DO TERMO:** Antes de iniciar-se a pesquisa, acadêmica pesquisadora irá explicar todos os procedimentos da mesma para os alunos(as) que participaram ou não da pesquisa, pedindo a estes que repassem tais informações, assim como o presente documento para os responsáveis legais, caso aceitem participar do estudo.

O consentimento dos responsáveis se dará de forma escrita, através da assinatura, podendo estes o retirá-lo em qualquer fase da pesquisa, sem prejuízo algum.

O(a) Sr.(a) pode também expressar receios e esclarecer dúvidas a qualquer momento, podendo entrar em contato com as pesquisadoras por meio dos dados de contato disponibilizados.

É recomendável que o (a) Sr.(a) guarde esse documento para referências futuras.

Caso queira receber esse documento por e-mail, contactar a pesquisadora para o envio do mesmo.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO PARANÁ
Credenciada pelo Decreto Estadual n.º 9.538, de 05/12/2013CNPJ:
05012896/0001-42

TERMO 1

Pelo presente instrumento que atende às exigências legais, o(a) Sr.(a) _____, declara que, após leitura minuciosa do TCLE, teve a oportunidade de esclarecer dúvidas, que foram devidamente explicadas pelas pesquisadoras, através dos meios de contato disponibilizados, ciente dos serviços e procedimentos aos quais seu (sua) filho(a) ou tutelado(a) será submetido e, não restando quaisquer dúvidas a respeito do lido e explicado, firma seu CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO na participação voluntariamente deste(a) nesta pesquisa. E, por estar de acordo, assina o presente termo.

Paranavaí-PR, _____de _____de 2024.

_____

Assinatura ou impressão datiloscópica
do(a) responsável

TERMO 2

Eu ELOINY FERNANDA DE SOUZA, declaro que forneci todas as informações referentes ao projeto de pesquisa supra nominado.

Paranavaí-PR,_____de_____de 2024.

_____

Assinatura da Pesquisadora

_____

Assinatura da Pesquisadora Orientadora

ANEXO B: TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO PARA A PARTICIPAÇÃO NA PESQUISA "INVESTIGAÇÃO DO USO DE LABORATÓRIOS VIRTUAIS NO ENSINO DE DIVISÃO CELULAR NA PERSPECTIVA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA".

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO PARANÁ
Credenciada pelo Decreto Estadual n.º 9.538, de 05/12/2013CNPJ: 05012896/0001-42

TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Olá querido (a) aluno (a),

Meu nome é Eloiny Fernanda de Souza e sou mestranda do Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* – Mestrado em Ensino: Formação Docente Interdisciplinar – PPIFOR realizado pela Universidade Estadual do Paraná, UNESPAR *campus* de Paranavaí - Paraná e estou realizando um estudo sobre INVESTIGAÇÃO DO USO DE LABORATÓRIOS VIRTUAIS NO ENSINO DE DIVISÃO CELULAR

Este estudo é importante porque pode ajudar as escolas a planejar atividades que ajudem todos os (as) alunos (as) a aprender conteúdos que são mais difíceis. Além disso, o estudo também pode ajudar os professores a aprender mais sobre como ensinar esse assunto de forma mais eficaz.

Para fazer esse estudo, preciso da sua autorização para participar. É importante saber que você pode sair do estudo a qualquer momento, sem qualquer problema. Todas as suas informações serão mantidas em segredo e ninguém vai saber que você participou do estudo.

Se tiver alguma dúvida ou desejar mais informações sobre o estudo, por favor, entre em contato comigo através dos dados fornecidos abaixo.

Obrigada pela sua ajuda e participação!

Atenciosamente,
Eloiny Fernanda de Souza
Acadêmica Pesquisadora do Mestrado em Ensino: Formação Docente Interdisciplinar – PPIFOR da Universidade Estadual do Paraná (UNESPAR), *campus* de Paranavaí, PR.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO PARANÁ
Credenciada pelo Decreto Estadual n.º 9.538, de 05/12/2013CNPJ:
05012896/0001-42

DADOS DO PARECER DE APROVAÇÃO

Emitido Pelo Comitê de Ética em Pesquisa, CEP UNESPAR.

Número do parecer:

Data da relatoria:____/_____/2024.

1. **PARTICIPAÇÃO NA PESQUISA**: É fundamental a sua participação na pesquisa, que consistirá em intervenções pedagógicas, como aulas expositivas-dialogadas, conversas e discussões, aplicação de questionários e desenvolvimento de mapas conceituais sobre o tema da divisão celular. Todas essas atividades serão realizadas em horários previamente combinados com a professora da turma e a escola.

2. **RISCOS E DESCONFORTOS**: Alguns riscos e desconfortos podem surgir no decorrer da pesquisa, como por exemplo, ansiedade e/ou timidez diante das informações questionadas e tempo dedicado à participação na pesquisa, sobre as quais em acaso de ocorrência, a pesquisadora se compromete a realizar rodas de conversa com os estudantes, permitindo o diálogo entre eles e a mesma, de forma a minimizar estes. É essencial ressaltar que a sua participação é completamente voluntária, e você pode recusar-se a participar ou desistir a qualquer momento, sem que isto acarrete qualquer prejuízo à sua pessoa.

3. **BENEFÍCIOS:** Espera-se que este estudo proporcione benefícios significativos, como a elaboração de atividades que facilitem a compreensão de conteúdos desafiadores por parte de todos os alunos. Além disso, a pesquisa visa contribuir para o enriquecimento do conhecimento científico dos professores, capacitando-os a aprimorar suas práticas pedagógicas e lecionar de forma mais eficaz sobre o tema abordado.

4. **CONFIDENCIALIDADE:** Informamos ainda que as informações coletadas serão utilizadas somente para os fins desta pesquisa, e serão tratadas com o mais

absoluto sigilo e confidencialidade, de modo a preservar a identidade dos envolvidos. Deste modo, todos os dados coletados durante o decorrer do estudo, assim como dados pessoais, ficarão em segredo e os nomes dos envolvidos não aparecerá nos resultados da presente pesquisa, nem mesmo quando forem apresentados.

Além disso, os dados a serem coletados só serão utilizados para fins de publicações científicas, sendo armazenados em uma pasta por um período de até 5 anos, contatos a partir do ano de 2024. Após este período os dados serão descartados.

5. **ESCLARECIMENTOS:** Caso você tenha mais dúvidas ou necessite de esclarecimentos adicionais sobre o estudo e suas consequências, enfim, tudo o que queira saber antes, durante e depois de sua participação, pode nos contatar nos endereços abaixo ou procurar o Comitê de Ética em Pesquisa da UNESPAR, cujo endereço consta neste documento.

Qualquer dúvida com relação à pesquisa poderá ser esclarecida com as **pesquisadoras responsáveis**, por meio dos meios de comunicação no quadro abaixo:

Orientanda: Eloiny Fernanda de Souza	E-mail: elo.fer.souza@gmail.com	(44)9 97380314
Orientadora: Marcia Regina Royer	E-mail: marciaroyer@yahoo.com.br	(44)9 98527038

Ou se ainda preferir, pode ir pessoalmente no endereço abaixo:

Endereço: Av. Gabriel Esperidião, S/N – Jd. Morumbi, Paranavaí, Paraná – CEP: 87703-000 – Procurar pela Secretaria do Mestrado – PPIFOR.

Telefone para contato: (44)9 99848681 (WhatsApp) – Secretaria do Mestrado.

E-mail: ppifor.ensino@unespar.edu.br

Horário de atendimento: a combinar com as pesquisadoras.

Qualquer dúvida com relação aos aspectos éticos da pesquisa poderá ser esclarecida com o **Comitê Permanente de Ética em Pesquisa (CEP) envolvendo Seres Humanos da UNESPAR**, no endereço abaixo:

Unespar *campus* Paranavaí

Avenida Gabriel Esperidião, S/N - Sala 20

Jardim Morumbi, Paranavaí -PR

Contato: 3141- 4334

CEP: 87.703-000

6. **RESSARCIMENTO DAS DESPESAS**: Caso aceite participar da pesquisa, não receberá nenhuma compensação financeira.

7. **CUSTOS:** Foi esclarecido de que não há nenhum valor econômico, a receber ou a pagar, por sua participação na pesquisa, tendo em vista que a participação é **voluntária**

8. **PREENCHIMENTO DO TERMO:** Antes de iniciar-se a pesquisa, a acadêmica pesquisadora irá explicar todos os procedimentos da mesma para os alunos(as) que participaram ou não da pesquisa, respondendo e tirando todas as eventuais dúvidas que surgirem no momento.

O seu consentimento se dará de forma escrita, através da assinatura, podendo o retirá-lo em qualquer fase da pesquisa, sem prejuízo algum.

Você também pode expressar receios e esclarecer dúvidas a qualquer momento, podendo entrar em contato com as pesquisadoras por meio dos dados de contato disponibilizados.

É recomendável que você guarde esse documento para referências futuras.

Caso queira receber esse documento por e-mail, contactar a pesquisadora para o envio do mesmo.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO PARANÁ
Credenciada pelo Decreto Estadual n.º 9.538, de 05/12/2013CNPJ: 05012896/0001-42

TERMO 1

Pelo presente instrumento que atende às exigências legais, eu, _____afirmo que, após uma leitura cuidadosa do TALE, tive a oportunidade de esclarecer todas as minhas dúvidas com as pesquisadoras, que gentilmente me explicaram tudo através dos contatos disponíveis. Estou ciente dos serviços e procedimentos aos quais serei submetido, e não tenho mais nenhuma dúvida sobre o que foi explicado. Portanto, concordo voluntariamente em participar desta pesquisa e, em concordância, assino este termo.

Paranavaí-PR, _____de _____de 2024.

_____

Assinatura do menor

TERMO 2

Eu ELOINY FERNANDA DE SOUZA, declaro que forneci todas as informações referentes ao projeto de pesquisa supra nominado.

Paranavaí-PR,_____de_____de 2024.

_____

Assinatura da Pesquisadora

_____

Assinatura da Pesquisadora Orientadora

ANEXO C: TERMO DE AUTORIZAÇÃO DE USO DE IMAGEM E VOZ (MENOR DE 18 ANOS) PARA A PARTICIPAÇÃO NA PESQUISA "INVESTIGAÇÃO DO USO DE LABORATÓRIOS VIRTUAIS NO ENSINO DE DIVISÃO CELULAR NA PERSPECTIVA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA".

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO PARANÁ
Credenciada pelo Decreto Estadual n.º 9.538, de 05/12/2013CNPJ: 05012896/0001-42

TERMO DE AUTORIZAÇÃO DE USO DE IMAGEM E VOZ (Menor de 18 anos)

Eu,_____,
nacionalidade _____, menor de 18 anos, neste ato devidamente representado por seu (sua) (responsável legal), _____, nacionalidade _____, estado civil _____, portador da Cédula de identidade RG nº._____, inscrito no CPF sob nº _____, residente à Av/Rua _____ , nº. _____, complemento _____, cidade de _____, Estado _____, AUTORIZO o uso de minha imagem e voz em todo e qualquer material entre fotos, gravações, vídeos e documentos para ser utilizada na Dissertação, intitulada "INVESTIGAÇÃO DO USO DE LABORATÓRIOS VIRTUAIS NO ENSINO DE DIVISÃO CELULAR" e também nas peças de comunicação que será veiculada nos canais do Programa de Pós-Graduação Mestrado Em Ensino: *Formação Docente Interdisciplinar* - PPIFOR da Universidade Estadual do Paraná, UNESPAR *campus* de Paranavaí, Paraná.

A presente pesquisa tem como objetivo elaborar e implementar uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) com a utilização de Laboratórios Virtuais de Aprendizagem (LVA), que incluem animações e simulações, com o propósito de investigar sua contribuição para a Aprendizagem Significativa (AS) do conteúdo de Divisão Celular

Os dados serão coletados durante as intervenções pedagógicas realizadas pela pesquisadora acadêmica na seguinte instituição de ensino: Colégio Estadual Dr. Marins Alves de Camargo – EFMP, situado na rua Bahia, 955 - Jardim Ouro Branco, Paranavaí - PR, CEP - 87704-040, com o seguinte contato: (44) 3423-6062.

Fica ainda **autorizada**, de livre e espontânea vontade, para os mesmos fins, a cessão de direitos da veiculação das imagens e voz não recebendo para tanto qualquer tipo de remuneração.

Por esta ser a expressão da minha vontade declaro que autorizo o uso acima descrito sem que nada haja a ser reclamado a título de direitos conexos à minha imagem e voz ou a qualquer outro.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO PARANÁ
Credenciada pelo Decreto Estadual n.º 9.538, de 05/12/2013CNPJ:
05012896/0001-42

Paranavaí,_____de_____de 2024.

_____
(assinatura)

Nome do representado: _____

Responsável Legal: _____

DADOS DO PARECER DE APROVAÇÃO

Emitido Pelo Comitê de Ética em Pesquisa, CEP UNESPAR.

Número do parecer:

Data da relatoria:____/_____/2024.