

**A CONSTRUÇÃO DE MODELOS
DIDÁTICOS NA IMPRESSORA 3D: UMA
ABORDAGEM SIGNIFICATIVA PARA O
ENSINO DE EMBRIOLOGIA**

GUARAPUAVA

2020

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CENTRO-OESTE,
UNICENTRO-PR**

**A CONSTRUÇÃO DE MODELOS DIDÁTICOS NA
IMPRESSORA 3D: UMA ABORDAGEM
SIGNIFICATIVA PARA O ENSINO DE
EMBRIOLOGIA**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

VANINA RONCAGLIO

GUARAPUAVA, PR

2020

VANINA RONCAGLIO

**A CONSTRUÇÃO DE MODELOS DIDÁTICOS NA IMPRESSORA 3D: UMA
ABORDAGEM SIGNIFICATIVA PARA O ENSINO DE EMBRIOLOGIA**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Centro-Oeste, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais e Matemática, área de concentração em Ensino e Aprendizagem de Ciências Naturais e Matemática, para a obtenção do título de Mestre.

Prof^{ta}. Dra. Ana Lúcia Crisostimo

Orientadora

Prof^o Dr. Carlos Eduardo Bittencourt Stange

Co-orientador

GUARAPUAVA, PR

2020

Catálogo na Publicação
Rede de Bibliotecas da Unicentro

R769c

Roncaglio, Vanina

A construção de modelos didáticos na impressora 3D: uma abordagem significativa para o ensino de embriologia / Vanina Roncaglio. – – Guarapuava, 2020.

xv, 122 f. : il. ; 28 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual do Centro-Oeste, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais e Matemática, área de concentração em Ensino e Aprendizagem de Ciências Naturais e Matemática, 2020.

Inclui Produto Educacional Aplicado intitulado: Sequência didática para o ensino de embriologia: uma proposta do uso pedagógico da impressora 3D. 30 p.

Orientadora: Ana Lúcia Crisostimo

Coorientador: Carlos Eduardo Bittencourt Stange

Banca examinadora: Eloiza Aparecida Silva Avila de Matos, Adriana Masse Kataoka, Ana Lúcia Crisóstimo, Carlos Eduardo Bittencourt Stange

Bibliografia

1. Embriologia. 2. Educação básica. 3. Obstáculos epistemológicos. 4. Modelos em 3D. 5. Aprendizagem significativa crítica. I. Título. II. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais e Matemática.

CDD 500.7

VANINA RONCAGLIO

**A CONSTRUÇÃO DE MODELOS DIDÁTICOS NA IMPRESSORA 3D: UMA
ABORDAGEM SIGNIFICATIVA PARA O ENSINO DE EMBRIOLOGIA**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Centro-Oeste, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais e Matemática, área de concentração em Ensino e Aprendizagem de Ciências Naturais e Matemática, para a obtenção do título de Mestre.

Aprovada em 22 de outubro de 2020.



Profa. Dra. Eloiza Aparecida Silva Avila de Matos – UTFPR



Prof(a). Dr(a). Adriana Masse Kataoka – UNICENTRO



Profa. Dra. Ana Lúcia Crisóstimo

Orientador(a)



Prof Dr. Carlos Eduardo Bittencourt Stange

Co-orientador

GUARAPUAVA, PR

2020

Para meus amores Helena e Adriano.

AGRADECIMENTOS

Obrigada Helena, minha filha, pela paciência e companhia nas aulas de mestrado.

Obrigada Adriano, meu amor, pelo apoio, atenção, carinho e pelas xícaras de café maravilhosas que você fez enquanto escrevia meu trabalho.

Obrigada Professora Ana, pela amizade, pela orientação e incentivo nesta jornada.

Obrigada Professor Stange, pelo incentivo e orientação na construção desse trabalho.

Um simples obrigada é pouco por tudo o que vocês fizeram nessa caminhada. Sem vocês, meus queridos orientadores, nada disso seria possível.

E obrigada Deus, pela vida e por ter colocado nela essas pessoas maravilhosas.

SUMÁRIO

Lista de Símbolos e Abreviaturas	i
Lista de Figuras	i
Lista de Quadros	ii
Lista de Gráficos	iii
Resumo	vi
Abstract	vii
1. Introdução	17
2. Objetivos	22
2.1. Objetivo geral.....	22
2.2. Objetivos específicos.....	22
3. Referencial Teórico	23
3.1. A Epistemologia de Bachelard e o Ensino de Biologia.....	23
3.2. Aprendizagem Significativa Crítica e o Ensino de Biologia.....	26
3.3. Biologia e a Base Nacional Comum Curricular, BNCC.....	31
3.4. O Ensino de embriologia na Educação Básica.....	36
3.5. O uso da impressora 3D no Ensino de embriologia, um breve levantamento bibliográfico.....	38
4. Materiais e Métodos	44
4.1. Caracterização da pesquisa.....	44
4.2. Participantes da pesquisa e abrangência.....	45
4.3. Fases e instrumentos da pesquisa.....	46
4.3.1. Fase I.....	48
4.3.2 Fase II.....	48
4.3.3 Fase III.....	50
4.4. Elaboração do Produto Educacional.....	53
4.4.1. Breve descrição da Sequência didática- Uso de modelos em 3D para o ensino de embriologia	54
4.5. Análise dos Resultados.....	59
5. Resultados e Discussão	62
5.1. Análises do pré-teste e pós-teste.....	62
5.1.1. Análise das questões exclusivas do pré-teste.....	88
5.1.2. Análise das questões exclusivas do pós-teste.....	91
5.2. Análise do levantamento bibliográfico.....	97
5.3. Relato da percepção da pesquisadora baseado no diário de classe.....	97
6. Considerações Finais	101

7. Referências Bibliográficas	105
Anexos	110
Anexo I - Tutorial para iniciantes em modelagem 3D no site Tinkercad.....	110
Anexo II - Questões para o pré-teste. (Turmas A e B)	110
Anexo III - Questões para o pós-teste (Turma A – metodologia tradicional)	114
Anexo IV - Questões para o pós-teste (Turma B – uso de modelos em 3D).....	119

LISTA DE ABREVIACOES

<i>BNCC</i>	Base Nacional Comum Curricular
<i>PCN</i>	Parâmetros Curriculares Nacionais
<i>PCNEM</i>	Parâmetro Curriculares Nacionais para o ensino médio
<i>DCN</i>	Diretrizes Curriculares Nacionais
TIC	Tecnologia de Informação e Comunicação
3D	Três Dimensões
TDIC	Tecnologia Digital de Informação e Comunicação.
PPGEn	Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais e Matemática.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Esquema das etapas da pesquisa	46
Figura 2. Diagrama em V da pesquisa	47
Figura 3. Estruturas embrionárias do anfixo.....	75

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Obstáculos Epistemológicos de Bachelard.....	24
Quadro 2. Artigos selecionados na revisão de literatura	42
Quadro 3. Níveis e escala atitudinal para análise do pré-teste e pós-teste – questões 1 a 8.....	50
Quadro 4. Níveis e escala atitudinal para análise do pré-teste– questão 9.....	51
Quadro 5. Níveis e escala atitudinal para análise do pré-teste– questão 10.....	51
Quadro 6. Níveis e escala atitudinal para análise do pós-teste da turma A – questão 9...	51
Quadro 7. Níveis e escala atitudinal para análise do pós-teste da turma A – questão 10..	52
Quadro 8. Níveis e escala atitudinal para análise do pós-teste da turma A – questão 11..	52
Quadro 9. Níveis e escala atitudinal para análise do pós-teste da turma B – questão 9....	53
Quadro 10. Níveis e escala atitudinal para análise do pós-teste da turma B – questão 10	53
Quadro 11. Sequência didática – aulas 1 e 2: Sala de aula invertida.....	57
Quadro 12. Sequência didática - Aulas 3, 4 e 5: Modelagem 3D.....	58
Quadro 13. Sequência didática – Aula 6: Impressão em 3D.....	58
Quadro 14. Sequência didática -Aulas 7 e 8: Aplicação dos modelos em 3D.....	59
Quadro 15. Análise resumida das questões 1 a 8.....	87

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Percentual de respostas por nível atitudinal da turma A para a questão 1.....	63
Gráfico 2. Percentual de respostas e a variação do percentual entre pré e pós-teste por níveis atitudinais da turma A para a questão 1.....	63
Gráfico 3. Percentual de respostas por nível atitudinal da turma B para a questão 1.....	64
Gráfico 4. Percentual de respostas e a variação do percentual entre pré e pós-teste por níveis atitudinais da turma B para a questão 1.....	64
Gráfico 5. Percentual de respostas por nível atitudinal da turma A para a questão 2.....	66
Gráfico 6. Percentual de respostas e a variação do percentual entre pré e pós-teste por níveis atitudinais da turma A para a questão 2.....	66
Gráfico 7. Percentual de respostas por nível atitudinal da turma B para a questão.....	67
Gráfico 8. Percentual de respostas e a variação do percentual entre pré e pós-teste por níveis atitudinais da turma B para a questão 2.....	67
Gráfico 9. Percentual de respostas por nível atitudinal da turma A para a questão 3.....	69
Gráfico 10. Percentual de respostas e a variação do percentual entre pré e pós-teste por níveis atitudinais da turma A para a questão 3.....	70
Gráfico 11. Percentual de respostas por nível atitudinal da turma B para a questão 3.....	70
Gráfico 12. Percentual de respostas e a variação do percentual entre pré e pós-teste por níveis atitudinais da turma B para a questão 3.....	71
Gráfico 13. Percentual de respostas por nível atitudinal da turma A para a questão 4.....	73
Gráfico 14. Percentual de respostas e a variação do percentual entre pré e pós-teste por níveis atitudinais da turma A para a questão 4.....	73
Gráfico 15. Percentual de respostas por nível atitudinal da turma B para a questão 4.....	74
Gráfico 16. Percentual de respostas e a variação do percentual entre pré e pós-teste por níveis atitudinais da turma B para a questão 4.....	74
Gráfico 17. Percentual de respostas por nível atitudinal da turma A para a questão 5.....	76

Gráfico 18. Percentual de respostas e a variação do percentual entre pré e pós-teste por níveis atitudinais da turma A para a questão 5.....	77
Gráfico 19. Percentual de respostas por nível atitudinal da turma B para a questão 5.....	77
Gráfico 20. Percentual de respostas e a variação do percentual entre pré e pós-teste por níveis atitudinais da turma B para a questão 5.....	78
Gráfico 21. Percentual de respostas por nível atitudinal da turma A para a questão 6.....	79
Gráfico 22. Percentual de respostas e a variação do percentual entre pré e pós-teste por níveis atitudinais da turma A para a questão 6.....	80
Gráfico 23. Percentual de respostas por nível atitudinal da turma B para a questão 6.....	80
Gráfico 24. Percentual de respostas e a variação do percentual entre pré e pós-teste por níveis atitudinais da turma B para a questão 6.....	81
Gráfico 25. Percentual de respostas por nível atitudinal da turma A para a questão 7.....	82
Gráfico 26. Percentual de respostas e a variação do percentual entre pré e pós-teste por níveis atitudinais da turma A para a questão 7.....	83
Gráfico 27. Percentual de respostas por nível atitudinal da turma B para a questão 7....	83
Gráfico 28. Percentual de respostas e a variação do percentual entre pré e pós-teste por níveis atitudinais da turma B para a questão 7.....	84
Gráfico 29. Percentual de respostas por nível atitudinal da turma A para a questão 8....	85
Gráfico 30. Percentual de respostas e a variação do percentual entre pré e pós-teste por níveis atitudinais da turma A para a questão 8.....	86
Gráfico 31. Percentual de respostas por nível atitudinal da turma B para a questão 8.....	86
Gráfico 32. Percentual de respostas e a variação do percentual entre pré e pós-teste por níveis atitudinais da turma B para a questão 8.....	87
Gráfico 33. Percentual de respostas por níveis atitudinais das turmas A e B para a questão 9 do pré-teste.....	89
Gráfico 34. Percentual de respostas e variação percentual por níveis atitudinais das turmas A e B para a questão 9 do pré-teste.....	89

Gráfico 35. Percentual de respostas por níveis atitudinais das turmas A e B para a questão 10 do pré-teste.....	90
Gráfico 36. Percentual de respostas e variação percentual por níveis atitudinais das turmas A e B para a questão 10 do pré-teste.....	91
Gráfico 37. Percentual de respostas por níveis atitudinais da turma A para a questão 9 do pós-teste.....	92
Gráfico 38. Percentual de respostas por níveis atitudinais da turma B para a questão 9 do pós-teste.....	93
Gráfico 39. Percentual de respostas por níveis atitudinais da turma A para a questão 10 do pós-teste.....	94
Gráfico 40. Percentual de respostas por níveis atitudinais da turma B para a questão 10 do pós-teste.....	95
Gráfico 41. Percentual de respostas e variação percentual por níveis atitudinais das turmas A e B para a questão 10 do pós-teste.....	95
Gráfico 42. Percentual de respostas por níveis atitudinais da turma A para a questão 11 do pós-teste.....	96

RESUMO

Vanina Roncaglio. A CONSTRUÇÃO DE MODELOS DIDÁTICOS NA IMPRESSORA 3D: UMA ABORDAGEM SIGNIFICATIVA PARA O ENSINO DE EMBRIOLOGIA

O Ensino de embriologia é comumente memorístico e expositivo, com imagens em duas dimensões, o que leva os educandos a apresentarem dificuldades na superação de obstáculos epistemológicos em relação aos conceitos de embriologia. Para despertar o interesse dos alunos se faz pertinente o uso de alternativas metodológicas que busquem sanar dificuldades encontradas pelos professores de biologia para o ensino de embriologia, sendo a impressora 3D uma ferramenta didática promissora para suprir as necessidades que surgem no processo ensino-aprendizagem. Nesse contexto este trabalho investigou em que medida o uso dessa ferramenta contribui para a aprendizagem significativa crítica de conceitos básicos de embriologia, na Educação Básica. Para tal investigação de natureza qualitativa, em delineamento experimental, foi elaborado e aplicado um projeto com duas turmas de primeiro ano do ensino médio da educação básica. Na turma A foi utilizada a metodologia tradicional e na turma B foi aplicado uma sequência didática com uso e construção de modelos embrionários em 3D. Os dados foram coletados por meio de anotações particulares da pesquisadora e questionários de pré e pós-testes com ambas as turmas. As metodologias foram comparadas utilizando uma escala atitudinal e de compreensão do conteúdo com níveis de 1 a 6, sendo o primeiro nível para nenhum conceito e o último nível para todos os conceitos. Por meio das análises dos resultados foi possível observar a diferença entre as turmas onde a turma B se mostrou mais ingênua, com maior déficit de conteúdo e menor poder aquisitivo em relação a turma A. Nesse contexto observou-se que ocorreu aprendizagem significativa, principalmente na turma experimental. Os alunos demonstraram superação de obstáculos epistemológicos e construíram representações funcionais das estruturas embrionárias, desconstruindo os conceitos prévios inadequados. Com base no resultado é possível abstrair que o uso de tecnologias educacionais estimula o interesse do aluno, promovendo aprendizagem significativa crítica além de tornar os educandos protagonistas no processo ensino-aprendizagem.

Palavras-Chave: Embriologia, Educação básica, Obstáculos epistemológicos, Modelos em 3D, Aprendizagem significativa crítica.

ABSTRACT

Vanina Roncaglio. THE CONSTRUCTION OF TEACHING MODELS IN THE 3D PRINTER: A SIGNIFICANT APPROACH FOR EMBRYOLOGY TEACHING

Embryology teaching is commonly memoristic and expository, with images in two dimensions, which leads students to have difficulties in overcoming epistemological obstacles in relation to embryology concepts. To arouse the interest of students, it is pertinent to use methodological alternatives that seek to remedy difficulties encountered by biology teachers in the teaching of embryology, with the 3D printer being a promising didactic tool to meet the needs that arise in the teaching-learning process. In this context, this work investigated the extent to which the use of this tool contributes to the significant critical learning of basic concepts of embryology, in Basic Education. For such a qualitative investigation, in an experimental design, a project was developed and applied with two first-year classes of high school in basic education. In class A the traditional methodology was used and in class B a didactic sequence was applied with the use and construction of embryonic 3D models. Data were collected through the researcher's private notes and pre and post-test questionnaires with both classes. The methodologies were compared using an attitudinal scale and content comprehension with levels from 1 to 6, with the first level for no concept and the last level for all concepts. Through the analysis of the results it was possible to observe the difference between the classes where class B was more naive, with a greater content deficit and less purchasing power in relation to class A. In this context it was observed that significant learning occurred, mainly in experimental class. The students demonstrated the overcoming of epistemological obstacles and constructed functional representations of the embryonic structures, deconstructing the inadequate previous concepts. Based on the result, it is possible to abstract that the use of educational technologies stimulates the student's interest, promoting significant critical learning in addition to making the students protagonists in the teaching-learning process.

Keywords: Embryology, Basic education, Epistemological obstacles, 3D printer, 3D models, Critical meaningful learning.

1. INTRODUÇÃO

O mundo contemporâneo está em constante transformação em relação a revoluções científicas e tecnológicas, e isso tem reflexos na área educacional. Diante desta realidade, a escola tem a necessidade de se reinventar para proporcionar desafios motivadores aos alunos, despertando o interesse em aprender. Mas o que é aprender? No dicionário a definição de aprender é adquirir o conhecimento, ficar sabendo, instruir-se. Mas de que maneira esse conhecimento é adquirido? Como esse processo ocorre?

De acordo com Pavani (2013) aprendizagem é um processo provocado por diversas situações, por mudanças de comportamento e por meio de experiências construídas por fatores emocionais, relacionais e ambientais. A aprendizagem está inevitavelmente ligada à história, a história do homem, à sua construção enquanto ser social com capacidade de adaptação a novas situações.

Sendo assim não basta acumular conceitos para a construção de indivíduos atuantes na sociedade. A aprendizagem precisa ser transformadora e duradoura. Esse processo precisa superar obstáculos cognitivos e epistemológicos transformando a estrutura cognitiva do sujeito. O processo ensino-aprendizagem é complexo e tem como foco o aluno, sua estrutura cognitiva e seus conhecimentos prévios. Cada aluno é um sujeito único, com suas experiências próprias a serem consideradas no processo. Pavani (2013) ressalta que todos os indivíduos constroem a própria concepção do mundo em que vive, a partir de suas próprias experiências, gerando novos modelos mentais e acomodando-as as experiências atuais. Dessa maneira o conhecimento prévio do aluno é de extrema importância no processo ensino-aprendizagem. O desafio enfrentado pelos docentes é produzir aprendizagem transformadora e não simples acúmulo de conteúdo. E esse desafio pode ser superado através da aprendizagem significativa crítica.

Aprendizagem significativa é definida como o modelo de aprendizado no qual o conhecimento novo interage com os conhecimentos prévios do aluno. Nesse modelo, aluno e professor são responsáveis pelo aprendizado, tendo como o principal benefício o tempo de duração do conteúdo aprendido uma vez que não há memorização. (OLIVEIRA, BERNARDO e NOGUEIRA, 2020). A aprendizagem significativa crítica vai além, permitindo ao aluno adotar uma postura crítica sem ser subjugado pelas mudanças, velocidade e disponibilidade de informações. Para Moreira (2010, p.7), somente por meio da aprendizagem significativa crítica o aluno “[...] poderá trabalhar com a incerteza, a relatividade, a não-causalidade, a probabilidade, a não-dicotomização das diferenças, com a

ideia de que o conhecimento é construção [...]”.

Uma das premissas para que ocorra aprendizagem significativa crítica é a curiosidade por parte do alunado. Sem interesse não ocorre a construção do conhecimento. Bachelard (1996) afirma que o conhecimento científico não é dado, é construído pelo esforço do espírito científico em problematizar a realidade e investigar seus aspectos desconhecidos. Segundo esse mesmo autor (1996, p. 18), “[...] para o espírito científico, todo conhecimento é resposta a uma pergunta. Se não há pergunta, não pode haver conhecimento científico. Nada é evidente. Nada é gratuito. Tudo é construído”. Quando há curiosidade, o aluno é questionador e estabelece uma relação professor/aluno uma vez que o professor é o elo, o mediador entre o conhecimento existente no ambiente e o educando.

Dessa maneira o professor auxilia os alunos a superarem os obstáculos cognitivos e epistemológicos para que ocorra a construção do conhecimento por meio dessa interação entre mediador e mediado. Vygotsky (1999) explica que a mediação é a ação que se interpõe entre sujeito e o objeto do conhecimento e é por meio desta que o indivíduo conhece o mundo e constrói sua representação do real, superando os obstáculos à aprendizagem. No processo de mediação existe uma relação de reciprocidade entre o indivíduo e as possibilidades do conhecer, do aprender. Sem o interesse despertado nos alunos, sem indagações por parte dos mesmos, essa mediação fica limitada e o processo ensino-aprendizagem comprometido (ZANOLLA, 2012, p. 6).

Para despertar esse interesse e curiosidade existem muitas alternativas de metodologias diferenciadas. Uma opção é o uso de tecnologias digitais em todas as disciplinas, que compõem a base curricular da educação básica, conectando-as e trabalhando de forma interdisciplinar.

Porém o uso dessas ferramentas deve ser pensado como uma maneira para favorecer o processo de ensino-aprendizagem e não apenas como recurso didático, sem abrir mão da metodologia tradicional, que prevalece na realidade educacional. O uso da tecnologia digital deverá integrar valores e competências que são previstas na Base Nacional Comum Curricular, BNCC, (BRASIL, 2018).

Partindo destes apontamentos, pode-se dizer que o uso de tecnologias digitais tende a despertar a curiosidade e o desejo dos educandos, equilibrando as aulas teóricas com a problematização que exigem raciocínio lógico e abstrato sendo uma alternativa no ensino de Ciências da Natureza e suas tecnologias. De acordo com a BNCC, a disciplina de Biologia integra a área de Ciências da Natureza e suas tecnologias acompanhado das disciplinas de Química e Física no ensino médio. A compreensão desta área de ensino é fundamental na

formação do aluno moderno, cidadão responsável e atuante no ambiente em que vive, por isso despertar a curiosidade em aprender Ciências da Natureza, particularmente Biologia, é de extrema importância.

A aprendizagem significativa crítica e contextualizada nesta área proporciona a todos os cidadãos os conhecimentos e oportunidades de desenvolvimento de capacidades necessárias para se orientarem em uma sociedade complexa, compreendendo o mundo que se passa à sua volta, tomando posição crítica e sabendo intervir em sua realidade (CHASSOT, 2003, p. 92).

Nesta perspectiva, o uso de algumas ferramentas de tecnologias digitais permite a criação de ambientes educacionais com estímulos à concentração e assimilação de conhecimentos, otimizando o papel do professor. Um exemplo é a impressora 3D. Essa tecnologia de impressão aplicada à educação traz um aprendizado multissensorial, tornando real e tangível conceitos e estruturas que antes eram apenas imaginados ou visualizados em figuras bidimensionais. O uso de objetos concretos no ensino de Ciências da Natureza, particularmente em Biologia, aproxima os alunos da realidade, saindo, em parte, do campo teórico e abstrato.

Muitos conteúdos da referida disciplina exigem grande abstração por parte dos alunos. Um exemplo é a área embriologia que vem sendo negligenciada por grande parte dos professores que ainda usam uma abordagem metodológica, tradicional e expositiva, sem explorar as tecnologias digitais. O ensino de embriologia permite o conhecimento aprofundado sobre o desenvolvimento dos seres vivos, principalmente o desenvolvimento humano, contribuindo para uma formação integradora dos estudantes do ensino médio. Configura-se, inclusive como um tema largamente veiculado pela mídia, através de debates sobre a gravidez na adolescência, o aborto, o melhoramento genético e a clonagem.

Temas correlatos à embriologia, como a Educação em Saúde e a Educação Sexual estão incluídas no currículo brasileiro. De acordo como Mohr e Venturi (2013, p. 2348) os professores de Ciências e Biologia são, em geral, as referências na escola para a introdução desses temas. Educação em saúde e Educação sexual são temas que se apresentam como uma ponte para a abordagem inicial e/ou para o resgate e aplicação do conhecimento escolar. Assim, contribuem para ser o ponto de partida em que os estudantes recebam esclarecimentos e repensem seus medos, mitos, tabus, valores, atitudes e sentimentos, inclusive quanto à sexualidade.

Dentre todos os conteúdos de Biologia, a embriologia quase sempre é de maneira fragmentada e descontextualizada. As aulas geralmente são teóricas e conduzidas dentro da pedagogia tradicional onde o aluno é um agente passivo no processo ensino-aprendizagem. O

conhecimento é, neste caso “depositado” no aluno de forma memorística, sem relação com sua realidade ou conhecimentos prévios (MOREIRA, 2010, p. 5).

Particularmente, no ensino de embriologia, é grande o desafio de ensinar aspectos ligados à origem e desenvolvimento embrionário. Os alunos apresentam dificuldades em compreender os conceitos apresentados e criar mentalmente imagens tridimensionais dos processos envolvidos no desenvolvimento embrionário.

O conteúdo de embriologia é crucial na compreensão do desenvolvimento dos seres vivos, sua formação, interpretação das estruturas anatômicas presentes no adulto entre outras questões. Conceitos de classificação como a presença de celoma e destino do blastóporo, por exemplo, são explicados e fundamentados a partir da embriologia. Questões envolvendo biotecnologia como clonagem reprodutiva, clonagem terapêutica e pesquisas com células-tronco, também exigem compreensão dos conceitos embriológicos.

Comumente, nessas aulas, são utilizadas imagens bidimensionais, como desenhos e figuras do livro didático para que os alunos possam conhecer as estruturas biológicas, seguidos de textos explicativos e aulas meramente expositivas. Essa abordagem não é suficiente para despertar o interesse crítico que propicie condições para que os alunos formulem perguntas pertinentes em relação aos conhecimentos na área biológica, muito menos que os alunos compreendam corretamente toda a dimensão das estruturas visualizadas nas imagens.

Particularmente, no ensino de embriologia, é grande o desafio de ensinar aspectos ligados à origem e desenvolvimento embrionário. Os alunos apresentam dificuldades (obstáculos) em compreender os conceitos apresentados e criar mentalmente imagens tridimensionais dos processos envolvidos no desenvolvimento embrionário.

A metodologia de ensino tradicional comumente utilizada pelos professores pode ser considerada inadequada considerando o atual contexto escolar. Isso porque os alunos se encontram em uma era de tecnologias educacionais farta e promissora.

Sendo assim a intenção é oportunizar uma aprendizagem significativa crítica. O aluno se torna ativo no processo de aquisição do seu conhecimento, e não um sujeito passivo, que sofre a ação. Conforme Santos (2008, p. 33) “[...] a aprendizagem somente ocorre se quatro condições básicas forem atendidas: a motivação, o interesse, a habilidade de compartilhar experiências e a habilidade de interagir com os diferentes contextos”.

Sendo assim, segundo Passeri (2007, p. 7), “[...] as atividades devem ter como objetivo propiciar aos professores e alunos condições para que discutam, analisem, proponham, argumentem e avancem na compreensão do seu papel na sociedade”.

Diante deste cenário emerge a necessidade de encontrar uma metodologia que estimule o aluno do século XXI e assim produzir uma aprendizagem significativa crítica dos conceitos de embriologia. Nesse contexto as tecnologias virtuais se mostram como ferramentas didáticas importantes, pois os alunos esperam aulas interativas que contemplem assuntos atualizados de maneira atrativa.

A impressão em 3D, que consiste em uma técnica de construção de objetos sólidos, camada por camada, a partir de um arquivo digital com a imagem 3D do objeto surge como uma solução para a visualização das estruturas embrionárias em três dimensões, auxiliando os alunos na criação de modelos funcionais sobre as estruturas embriológicas.

Para propiciar aos alunos um ambiente aprendizagem significativa crítica em relação aos conceitos de embriologia, a partir da utilização da tecnologia de impressão 3D, este trabalho apresenta no capítulo 3 os fundamentos teóricos que versa sobre a Epistemologia de Bachelard, Ensino de Biologia e a Aprendizagem Significativa Crítica, o ensino de Biologia à luz da BNCC e o ensino de embriologia na Educação Básica.

O capítulo 4 traz a descrição dos procedimentos metodológicos adotados, os sujeitos da pesquisa, os instrumentos da coleta de dados e os procedimentos adotados para as análises dos mesmos. A pesquisa foi aplicada no 1º ano do ensino médio do Colégio Dom Pedro I, localizado em Guarapuava - PR., no segundo semestre de 2019. No capítulo 5 são apresentados os resultados do projeto, à luz do referencial teórico mencionado no capítulo 3 deste trabalho. O capítulo 6 trata das conclusões advindas das análises e discussão dos dados coletados na pesquisa.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Analisar em que medida o uso da impressora 3D contribui para a aprendizagem significativa crítica de conceitos básicos de embriologia, na Educação Básica.

2.2 Objetivos específicos

2.2.1. Realizar um levantamento bibliográfico sobre o uso de tecnologias educacionais no ensino de embriologia.

2.2.2. Investigar, por meio de questionários de pré e pós-teste, o conhecimento prévio e adquirido do aluno após a aplicação das metodologias propostas.

2.2.3. Avaliar a aplicação da metodologia com uso de modelos em 3D, comparando com a metodologia tradicional, com imagens em 2D, para o ensino de embriologia.

2.2.4. Desenvolver um produto educacional, no formato de sequência didática, para a construção de modelos em 3D por meio de softwares próprios, auxiliando para a autonomia digital dos professores e alunos em relação ao ensino e aprendizagem de embriologia.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1. A epistemologia de Bachelard e o Ensino de Biologia.

De acordo com Pereira (s.d.) a definição de aprendizagem no dicionário *Michaelis* é: *aprendizagem*, derivado do substantivo *aprendiz* termo que caracteriza aquele que aprende ou dá os primeiros passos em uma atividade, arte ou ofício. Assim, a aprendizagem pode ser definida como o ato de aprender ou adquirir conhecimento através da experiência ou de um método de ensino.

O interesse em compreender como a aprendizagem ocorre remonta a antiguidade. O desenvolvimento das disciplinas científicas no século XIX, entre elas a Psicologia, contribuiu para o desenvolvimento de diferentes teorias sobre o processo de construção do conhecimento e demais teorias cognitivas. No século XX surgiram estudos baseados em experimentos que contribuíram para a abertura desse campo de estudo que atualmente se estrutura em torno de diferentes teorias cognitivas, ressaltando os aspectos relacionados a construção do conhecimento e ao papel do sujeito que aprende (PEREIRA, s.d.).

Para Pereira (s.d.), mesmo o processo de aprendizagem podendo ser compreendido por meio de diferentes perspectivas, um ponto comum existente é a correlação entre as representações e condições internas do sujeito e as situações externas a ele. Tendo em vista a ação do sujeito sobre o meio e a maneira como cada pessoa organiza, aprende e interioriza as informações de uma dada realidade, a aprendizagem resulta em uma transformação que tem por base as experiências do sujeito no mundo a partir das interações por ele estabelecidas.

Este trabalho de mestrado buscou compreender a construção da aprendizagem acerca do desenvolvimento embrionário fazendo uso da impressão em 3D. Sendo assim, as teorias que nortearam essa pesquisa foram: A construção do espírito científico de Gaston Bachelard, que será discutida nesse tópico e Aprendizagem significativa Crítica de Marco Antônio Moreira, discutida no tópico seguinte.

Filho (2005, p.2), ressalta que na perspectiva bachelardiana, o fundamental no processo de ensino-aprendizagem não é a exposição de uma grande quantidade de conteúdos, mas que estes conteúdos sejam o meio necessário para que o estudante rompa com os obstáculos que dificultam a sua compreensão do fenômeno científico. Para Bachelard (1996), durante o ato de conhecer é que aparecem conflitos referentes à aprendizagem que, dito de outro modo, podem ser estagnações e até regressão ao processo de compreensão de conceitos (BACHELARD, 1996, p.17). Essa regressão ou estagnação é chamada de Obstáculo

Epistemológico. Para Bachelard (1996, p. 17), o ato de conhecer “[...] dá-se contra um conhecimento anterior, destruindo conhecimentos mal estabelecidos, superando o que, no próprio espírito, é obstáculo à espiritualização”.

Conforme Araya, Silva e Lino (2014, p.8), a noção de obstáculos epistemológicos é usada por Bachelard para explicar as dificuldades encontradas na compreensão do conhecimento científico. Esses obstáculos se encontram durante o processo de ensino-aprendizagem em todas as disciplinas, principalmente biologia. O aluno possui conceitos pré formados no ambiente não escolar. Muitos desses conceitos são de senso comum, permeados de credices e faláceas.

Os obstáculos que podem surgir durante a aprendizagem, conforme Bachelard (1996), são: observação primeira, conhecimento geral, obstáculo verbal, conhecimento unitário, conhecimento pragmático, obstáculo substancialista, obstáculo animista e obstáculo do conhecimento quantitativo.

Uma vez identificado o obstáculo, é possível conhecer o motivo da dificuldade na aprendizagem ou até da não aprendizagem de determinados conceitos. Desta forma, deve-se trabalhar para que um pensamento pré-estabelecido na estrutura de conceitos dos alunos não os leve ao não aprendizado. Esses obstáculos podem ser opiniões, analogias, interpretações e questões que favorecem ao erro entre outros, como se pode observar nas definições dos obstáculos epistemológicos no quadro abaixo:

Quadro 1: Obstáculos epistemológicos de Bachelard.

OBSTÁCULOS	RESUMO	MOMENTOS QUE PODEM SURGIR
Observação Primeira	É a opinião sem crítica científica. É o pensamento empírico idealizado pelo aprendiz durante a sua vivência com o mundo.	Quando durante uma aula, uma observação ou uma experiência o aprendiz se satisfazer de imediato simplesmente pela curiosidade do fato. Quando a imagem pitoresca provoca a adesão a uma hipótese não verificada permitindo uma explicação intempestiva.
Conhecimento Geral	É a imobilidade do pensamento científico quando se satisfaz com uma única definição que se apoia em uma ideia muito geral e superficial do fenômeno. Este conhecimento reduz o fenômeno a um simples fato sem necessidade de aprofundamento.	Surge com as conclusões empíricas apressadas de algum fenômeno. Quando o aluno se satisfaz com definições gerais de conceitos.

Verbal	Pela simples imagem do fenômeno fica caracterizado o conhecimento a tal ponto que não se sente a necessidade de explicá-lo. Associar aos conceitos concretos interpretações abstratas.	As analogias que utilizamos no ensino, neste sentido, podem correr o risco de se tornarem obstáculos verbais ao conhecimento científico por associar aos conceitos concretos interpretações abstratas, fazendo o aluno pensar que avançou em suas ideias, mas não é o que ocorre.
Conhecimento Unitário	Atribui-se a qualidade de perfeição à ideia, fazendo com que generalize explicações para tudo. Valorização preconcebida e abstrata das ideias da explicação, será o caso, portanto, não de um pensamento empírico, mas filosófico.	Pode surgir em um momento de preguiça intelectual, quando o aluno atribui a vários fenômenos a mesma explicação, ou seja, por um único pensamento, ele o generaliza para vários outros.
Conhecimento Pragmático	O pensamento pragmático acaba por ser um pensamento exagerado. Caracteriza-se por explicar os fenômenos pela sua utilidade relativa ao homem.	Pode surgir em momentos de justificativa do porquê estudar aquele fenômeno, pois muitas vezes utilizamos da justificativa da utilidade dos fenômenos para poder estudá-los. Neste momento, pode ficar caracterizado a explicação do fenômeno, se tornando obstáculo a conhecimentos posteriores.
Substancialista	É a atribuição de diversos poderes, virtudes e forças à substância. A explicação do fenômeno é dada pelos próprios adjetivos que se atribuem a substância.	Surge no momento em que o pensamento é guiado pelo que se vê e como se vê. É desta maneira que as qualidades designadas à substância são recebidas para a explicação dos fenômenos: <i>dos sentidos</i> .
Animista	Atribui vida ou características dos seres vivos aos fenômenos e objetos inanimados.	Quando se tenta atribuir um valor vital e indiscutível à explicação do fenômeno, pela simples sedução de uma afirmativa sem provas. Quando se acha a analogia coerente o autor pode atribuir uma força sem limites aos elementos inanimados, animando-os, ou seja, atribuindo vida.
Conhecimento Quantitativo	O pensamento científico não deve se aliar a nenhum destes extremos, o extremo quantitativo e o extremo qualitativo, que entram o pensamento por um todo. O extremo quantitativo é imediato e superficial se tornando subjetivo e obstáculo ao conhecimento qualitativo. O extremo qualitativo não faz ligação a um pensamento qualitativo de correlações entre objetos de um mesmo fenômeno, desta forma se tornando um obstáculo.	Este obstáculo pode surgir em um momento em que não é enfatizada, pelo professor ao aluno, a importância dos dois extremos, os conhecimentos que atribuem qualidade ao fenômeno e os conhecimentos que atribuem quantidade ao fenômeno.

Fonte: Araya, Silva e Lino, (2014 p. 10-14).

Para Filho (2005, p. 2), qualquer tentativa de ensino deve estar voltada para as estruturas internas do estudante. Nesta maneira de compreender o fenômeno da aprendizagem está implícita a ideia de que o conhecimento novo dá-se contra um anterior, que precisa ser superado. Sobre isso Bachelard¹ (1977, p.32-33 apud FILHO, 2005, p. 2) diz que:

[...]no trabalho científico, todo valor é valor transformado. Para participar realmente no trabalho científico, deve-se aceder à atividade da diferenciação. Mas na tomada de cultura científica em si, todo conhecimento é endireitamento.

Logo, a apropriação do conhecimento, na visão de Bachelard (1977, apud FILHO, 2005, p. 2), é a superação dos obstáculos que dificultam o processo de aprendizagem por parte do sujeito. Neste sentido, só pode se falar que alguém aprendeu quando superou as velhas concepções que tinha anteriormente (FILHO, 2005, p. 2).

Para Filho (2005, p. 8), esta maneira de entender o processo de ensino-aprendizagem, como uma superação das dificuldades que as impedem, é uma forma bastante promissora no entendimento do complexo processo do aprender. Identificar os obstáculos ao progresso científico, bem como os limites que os estudantes têm para aprender é uma contribuição valiosa ao ensino de todas as disciplinas, em especial a Biologia. É uma perspectiva que leva em consideração a transformação que o sujeito sofre no processo de conhecer, em vez de focar-se na visão de que aprender é somente acumular conteúdos.

3.2. Aprendizagem significativa crítica e o Ensino de Biologia

Postman e Weingartner², (1969, p. 217, apud MOREIRA, 2010, p. 3) diziam, em 1969, que a escola deveria preparar o aluno para uma sociedade em constante mudança de valores, conceitos e tecnologias. A mesma, ainda se ocupava de ensinar conceitos isolados e descontextualizados. Essa situação onde o aluno é passivo no processo ensino-aprendizagem já era percebida a 50 anos e ainda é realidade em muitas salas de aula. Para Moreira (2010 p. 3-4), “[...] o discurso educacional pode ser outro, mas a prática educativa continua a não fomentar o “aprender a aprender” que permitirá à pessoa lidar com a mudança, e sobreviver”.

Moreira (2010, p. 4) diz que a escola procura atualizar-se tecnologicamente e preparar o aluno para a sociedade de consumo, o mercado de trabalho e a globalização, de maneira descontextualizada e fora de foco. A Aprendizagem significativa crítica surge para a formação de cidadãos pensantes, conscientes, críticos e atuantes na sociedade.

¹ BACHELARD, G. **O racionalismo aplicado**. Rio de Janeiro: Editora Zahar Editores, 1977.

² POSTMAN, N.; WEINGARTNER, C. (1969). **Teaching as a subversive activity**. New York: Dell Publishing Co. 219p.

Para a compreensão da Aprendizagem significativa crítica é preciso conhecer também a teoria da aprendizagem significativa que tem como foco a aprendizagem cognitiva como um processo de armazenamento de informações onde os significados são incorporados na mente do aluno por um processo gradual que é intimamente relacionado ao seu conhecimento prévio e à sua vontade de aprender (MOREIRA, 2011).

Durante o processo de interação entre os significados dos conceitos, surge um novo produto, diferente do conceito original, decorrente da influência entre os conceitos preexistentes e os recém-adquiridos. Esse produto poderá servir de ancoragem para conceitos cada vez mais complexos, estabelecendo novas associações com outros existentes na estrutura cognitiva.

Para Ausubel³ (1978, apud PASSERI, 2007, p.7) aprendizagem significativa é um processo onde uma nova informação se relaciona a um aspecto relevante da estrutura cognitiva de quem está aprendendo. Só se pode aprender a partir daquilo que se conhece. Para esse conceito, Ausubel dá o nome de subsunçor. Segundo Ausubel (1978, p.41):

A essência do processo de aprendizagem significativa é que ideias simbolicamente expressas sejam relacionadas, de maneira substantiva (não literal) e não arbitrária, ao que o aprendiz já sabe, ou seja, a algum aspecto de sua estrutura cognitiva especificamente relevante (isto é, um subsunçor) que pode ser, por exemplo, uma imagem, um símbolo, um conceito ou uma proposição já significativa. (AUSUBEL apud PASSERI, 2007).

Em contrapartida à aprendizagem significativa encontra-se a aprendizagem mecânica, onde o aluno é agente passivo e as novas informações são simplesmente memorizadas de maneira não significativa. Esse modelo ainda é muito utilizado nas escolas pois serve para “tirar nota” mas tem pouca retenção e compreensão dos conceitos (MOREIRA, 2010, p. 5).

A aprendizagem significativa retém o conhecimento de forma significante e duradoura, podendo ser utilizados em situações diferentes e serem relacionados com outros conceitos. Ademais, para que a aprendizagem ocorra, o material a ser aprendido precisa ser relacionável à estrutura cognitiva do aprendiz, de maneira não arbitrária e não literal. A soma da competência cognitiva do aluno e de seus conhecimentos prévios marcará seu nível de desenvolvimento.

A construção da aprendizagem significativa implica a conexão ou vinculação do que o aluno sabe com os conhecimentos novos, quer dizer, o antigo com o novo de maneira progressista. O professor precisa considerar que o aluno possui conhecimentos prévios, e a

³AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. **Educational psychology: a cognitive view**. 2 ed. Nova York, Holt Rinehart and Winston, 1978.

partir desses conhecimentos, construir uma prática pedagógica para ancorar novos conhecimentos, sendo o mediador, tornando o aluno o protagonista do processo e estimulando sua predisposição em aprender.

Sendo assim, a aprendizagem significativa crítica, conforme Moreira (2010, p.7) “[...] é aquela perspectiva que permite ao sujeito fazer parte de sua cultura e, ao mesmo tempo, estar fora dela”. Esse mesmo autor complementa:

[...] É através da aprendizagem significativa crítica que o aluno poderá fazer parte de sua cultura e, ao mesmo tempo, não ser subjugado por ela, por seus ritos, mitos e ideologias. É através dessa aprendizagem que ele poderá lidar construtivamente com a mudança sem deixar-se dominar por ela, manejar a informação sem sentir-se impotente frente a sua grande disponibilidade e velocidade de fluxo, usufruir e desenvolver a tecnologia sem tornar-se tecnófilo. Por meio dela, poderá trabalhar com a incerteza, a relatividade, a não-causalidade, a probabilidade, a não-dicotomização das diferenças, com a ideia de que o conhecimento é construção (ou invenção) nossa, que apenas representamos o mundo e nunca o captamos diretamente. (MOREIRA, 2010, p. 7).

A teoria da aprendizagem significativa crítica propõe 11 princípios que são análogos aos princípios programáticos de Ausubel para a facilitação da aprendizagem significativa. Esses princípios possuem viabilidade para a implantação em sala de aula, facilitando a aprendizagem significativa crítica e ao mesmo tempo revolucionando o que normalmente acontece nesse ambiente. (MOREIRA, 2010, p. 7).

O primeiro é o Princípio do conhecimento prévio, onde se aprende a partir do que se sabe. O segundo princípio é o da interação social e do questionamento, ensinar através de perguntas e não de respostas prontas. Já o terceiro princípio versa sobre a não centralidade do livro didático, diversificando os materiais educativos, estimulando as perguntas e as descobertas por parte dos alunos (MOREIRA, 2010, p. 8-10).

De acordo com Moreira (2010), o quarto princípio é o do aprendiz como perceptor/representador, o aluno percebe as informações e as interpreta conforme seus conhecimentos prévios e não apenas recebe a informação passivamente. O quinto princípio, do conhecimento como linguagem, diz que todo conhecimento tem sua linguagem própria, seus símbolos e termos. Aprender essa nova linguagem implica em pensar o mundo de maneira diferente do habitual.

O sexto princípio está ligado ao quinto, é o princípio da consciência semântica. As palavras não são “coisas”, elas foram escritas por pessoas com seus conhecimentos prévios e interpretações, então o significado não estão nas palavras e sim nas pessoas que as escreveram ou as nomearam.

Aprender que o ser humano aprende corrigindo seus erros é o sétimo princípio, da aprendizagem pelo erro que faz parte do processo de ensino. A aprendizagem se dá pela superação do erro e não por sua punição. O princípio da desaprendizagem é o de número 8 e versa sobre desconstruir conceitos prévios que impedem a aquisição de novos conceitos. Já o princípio nove é sobre a incerteza do conhecimento, afinal são as perguntas que movem o mundo e são elas o instrumento de percepção. O décimo princípio é sobre a não utilização do quadro de giz. O aluno aprende por meio de diferentes estratégias metodológicas até porque a sala de aula é heterogênea e cada estudante tem seus conhecimentos prévios distintos. E o último princípio é a do abandono da narrativa. O aluno deve ser ativo no processo de aprendizagem, repetir a narrativa de outra pessoa não leva à compreensão (MOREIRA, 2010).

Para o ensino de Biologia, em especial a embriologia, a abordagem da aprendizagem significativa crítica é essencial uma vez que essa disciplina tem grande importância para o aprimoramento dos conhecimentos e articulação com as vivências e experiências envolvendo o desenvolvimento humano, transformações tecnológicas entre outras temáticas, desenvolvendo um cidadão crítico e atuante na sociedade. (CAMARGO, BLAZSKO E UJIIE, 2015, p. 2214). Conforme os Parâmetros Curriculares Nacionais para o ensino médio – PCNEM:

Podemos considerar que as principais áreas de interesse da Biologia contemporânea se voltam para a compreensão de como a vida (e aqui se inclui a vida humana) se organiza, estabelece interações, se reproduz e evolui desde sua origem e se transforma, não apenas em decorrência de processos naturais, mas, também, devido à intervenção humana e ao emprego de tecnologias. (BRASIL, 2002, p. 41).

Moore e Persaud (1994, p. 7) declaram que “[...] o estudo da embriologia é importante por causa dos avanços que propiciam ao conhecimento dos primórdios da vida humana e das mudanças que ocorrem ao longo do desenvolvimento até o nascer”. A compreensão desses conceitos sobre o desenvolvimento humano colabora para uma melhora na qualidade de vida das pessoas, auxiliando, por exemplo, na compreensão de malformações congênitas e suas respectivas formas de tratamento. A embriologia é um tema atual, sendo pertinente em assuntos como o aborto, uso de drogas na gestação, gravidez na adolescência e biotecnologia (AGUIAR, 2011, p. 14). Essa visão para a embriologia está contemplada nas competências da BNCC que será implantada para o ensino médio a partir de 2021 no estado do Paraná.

Os professores de Biologia enfrentam um grande desafio ao ensinar embriologia de maneira significativa e crítica: despertar o interesse dos alunos sobre esse assunto, que só é abordado no primeiro ano do ensino médio. Nesta perspectiva, conforme Moreira (2008, p.

24) se faz necessário o uso de “[...] organizadores prévios, que servirão de ancoradouros provisórios para a nova aprendizagem, levando ao desenvolvimento de conceitos, ideias e proposições relevantes, facilitando a aprendizagem subsequente.” Essa estratégia permite manipular a estrutura cognitiva, facilitando a aprendizagem significativa. Os organizadores prévios são materiais introdutórios apresentados antes da aprendizagem propriamente dita, com a função de servir como ponte entre o que o aprendiz sabe e o que ele deveria saber para que o novo material possa ser aprendido de maneira significativa.

Para que aconteça a aquisição significativa crítica do conhecimento em embriologia é necessário a compreensão de todo o desenvolvimento embrionário. Desde a embriogênese até a formação do novo ser. Essas estruturas são complexas e abstratas. Para tal compreensão, além de subsunçores é fundamental que o aluno possua modelos mentais corretos dessas estruturas, para então efetuar as relações cognitivas.

O princípio do aprendiz como perceptor/representador é um facilitador da aprendizagem significativa crítica para a formação desses modelos mentais funcionais. Todos os indivíduos possuem modelos mentais que representam o mundo a partir dos seus conhecimentos prévios e sua funcionalidade para o indivíduo. Para a construção de novos modelos é necessário que o antigo perca sua funcionalidade e isso se dá por meio da criticidade, o aprendizado se dá quando se abandona percepções inadequadas e se desenvolve novas percepções funcionais. Mas essas percepções são sempre baseadas nas percepções prévias. Dessa maneira o professor sempre lida com percepções distintas, além das suas próprias percepções. Sendo assim a criticidade e o questionamento e as interações pessoais são importantes nesse processo de aprendizagem significativa crítica (MOREIRA, 2010, p. 11).

O princípio da desaprendizagem corrobora e completa o princípio do aprendiz como receptor/representador. Para a construção de modelos funcionais baseados na percepção do aluno é necessário, em muitas vezes, abandonar o modelo mental antigo. Desaprender esse conceito para que outro seja assimilado e compreendido. Não significa esquecer tudo aquilo que já se aprendeu e sim adequar seus modelos, ajustar, torná-los funcionais. Identificar quais conceitos antigos atendem a demanda atual, diante de tanta mudança que ocorre no mundo, principalmente no ensino de biologia, afinal a ciência não é uma verdade imutável. (MOREIRA, 2010, p. 15)

O princípio da não utilização do quadro e giz e o da não centralização no livro didático auxiliam a sanar um dos principais fatores que distancia o professor e o aluno no ensino de embriologia, que é a falta de recursos didáticos que possibilitem a aproximação do que foi

exposto em aula com as estruturas embriológicas reais (FREITAS *et al.*, 2008, p. 91). A escassez de ferramentas didáticas diferenciadas no ensino de embriologia gera desinteresse por parte dos alunos, o que afeta diretamente o processo de ensino-aprendizagem. Esse processo vai além de atividades pontuais, sendo necessário o despertar do interesse e curiosidade do aluno, envolvendo os insumos, objetivos e conteúdo que facilitam a busca do conhecimento e o desenvolvimento da aprendizagem significativa crítica, uma vez que a predisposição para aprender é uma das premissas necessárias para a aprendizagem.

Dentro desta nova prática pedagógica, o professor deve assumir o papel de mediador do conhecimento, não abrangendo somente o saber, mas também o saber fazer e aprender a aprender, tornando o aluno o protagonista da construção do seu conhecimento, despertando assim a curiosidade e o interesse do aluno. Conforme Pellizzari *et al.* (2002, p. 39) dessa maneira é possível garantir a compreensão e a facilitação de novas aprendizagens ao ter-se um suporte básico na estrutura cognitiva prévia construída pelo sujeito. Moreira (2010, p. 19) complementa:

[...] ensino centrado no aluno tendo o professor como mediador é ensino em que o aluno fala mais e o professor fala menos. Deixar o aluno falar implica usar estratégias nas quais os alunos possam discutir, negociar significados entre si, apresentar oralmente ao grande grupo o produto de suas atividades colaborativas, receber e fazer críticas. O aluno tem que ser ativo, não passivo. Ela ou ele tem que aprender a interpretar, a negociar significados, tem que aprender a ser crítico e a aceitar a crítica. Aceitar acriticamente a narrativa do “bom professor” não leva a uma aprendizagem significativa crítica, a uma aprendizagem relevante, de longa duração; não leva ao aprender a aprender.

Este cenário mostra a realidade dos educandos e a preocupação com a contextualização e o desenvolvimento do processo ensino-aprendizagem que está previsto na BNCC para a educação básica. Esse documento define o conjunto de aprendizagens essenciais que todos os alunos devem desenvolver ao longo das etapas e modalidades da Educação Básica, de modo a que tenham assegurados seus direitos de aprendizagem e desenvolvimento, em conformidade com o Plano Nacional de Educação (PNE), visando a formação integral e construção de uma sociedade justa, democrática e inclusiva (BRASIL, 2018).

3.3. Biologia e a Base Nacional Comum Curricular, BNCC

Nos currículos educacionais do país encontram-se muitas diferenças. Os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) e as Diretrizes Curriculares Nacionais (DCN) são referenciais e orientações pedagógicas para os profissionais docentes da educação consultarem e

construírem seus planejamentos docentes (BRASIL, 2002; BRASIL, 2011).

Até o ano de 2019, o Brasil não tinha um referencial nacional obrigatório, com caráter de política de Estado. Com a chegada da BNCC esse panorama muda e tem por princípio definir, em termos de conteúdo comum para o território nacional, o que os estudantes têm direito de aprender e desenvolver na escola, em toda a Educação Básica.

De acordo com o texto da BNCC, o ensino médio é a última etapa da Educação Básica, um direito de todos os cidadãos brasileiros. A educação e a sociedade são dinâmicas, necessitando de olhares diferenciados diante das realidades dos cidadãos. A organização curricular do ensino médio vigente, com excesso de componentes curriculares, e uma abordagem pedagógica distante das culturas juvenis e do mundo do trabalho gera uma insatisfação por parte dos alunos, que não concluem o ensino médio. As DCN já explicitam a necessidade de um olhar voltado para as aspirações futuras da juventude:

Com a perspectiva de um imenso contingente de adolescentes, jovens e adultos que se diferenciam por condições de existência e perspectivas de futuro desiguais, é que o ensino médio deve trabalhar. Está em jogo a recriação da escola que, embora não possa por si só resolver as desigualdades sociais, pode ampliar as condições de inclusão social, ao possibilitar o acesso à ciência, à tecnologia, à cultura e ao trabalho. (BRASIL, 2011, p. 167).

Neste contexto se torna imprescindível considerar a dinâmica social contemporânea e seus rápidos avanços científicos e tecnológicos. Conforme a BNCC essas mudanças atingem diretamente as populações jovens e, portanto, o que se demanda de sua formação para o enfrentamento dos novos desafios sociais, econômicos e ambientais, acelerados pelas mudanças tecnológicas do mundo contemporâneo (BRASIL, 2018, p. 462). Diante deste cenário cada vez mais dinâmico, as incertezas relativas às mudanças no mundo do trabalho e nas relações sociais representam um grande desafio para a formulação de políticas e propostas de organização curriculares para a Educação Básica, em geral, e para o ensino médio, em particular (BRASIL, 2018, p. 462).

A BNCC considera que a juventude não é homogênea, por isso é essencial organizar uma escola que acolha as diversidades e que reconheça os jovens como interlocutores do processo ensino-aprendizagem.

Significa, ainda, assegurar aos estudantes uma formação que, em sintonia com seus percursos e histórias, faculte-lhes definir seus projetos de vida, tanto no que diz respeito ao estudo e ao trabalho como também no que concerne às escolhas de estilos de vida saudáveis, sustentáveis e éticos. (BRASIL, 2018, p. 463).

Sendo assim, cabe às escolas do ensino médio contribuir para a construção de jovens críticos, independentes e atuantes na sociedade, com capacidade para tomar decisões responsáveis e éticas. Para tal não se pode apenas pretender que os jovens aprendam o que se já sabe, como um depósito de conhecimento. O mundo deve lhes ser apresentados como um campo aberto para criações, investigações e intervenções, com a escola assumindo a responsabilidade de estimular a criatividade.

Esse novo documento gera uma mudança em todo o currículo do ensino médio, que ficou popularmente conhecido e divulgado nas mídias como novo ensino médio e traz uma nova proposta com previsão de implantação até o ano de 2023 no estado do Paraná. A BNCC é obrigatória em todo o território nacional, mas tem abertura para ser considerado as questões particulares de cada região, podendo ser acrescentadas ao currículo.

A premissa principal da BNCC são suas dez competências gerais, que devem ser seguidas desde a educação infantil até o ensino médio. São elas:

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 -10).

Neste âmbito, a Lei 13.415/2017 de 16 de fevereiro de 2017 estabelece a reforma do ensino médio e implantação do ensino médio integral (BRASIL, 2017), o currículo será composto pela BNCC e por itinerários formativos.

[...] O currículo do ensino médio será composto pela Base Nacional Comum Curricular e por itinerários formativos, que deverão ser organizados por meio da oferta de diferentes arranjos curriculares, conforme a relevância para o contexto local e a possibilidade dos sistemas de ensino, a saber:

I - linguagens e suas tecnologias;

II - matemática e suas tecnologias;

III - ciências da natureza e suas tecnologias;

IV - ciências humanas e sociais aplicadas;

V - formação técnica e profissional. (BRASIL, 2018, p. 468).

Cada estado deverá construir seus referenciais curriculares estaduais considerando suas particularidades e tendo como base a BNCC⁴. A estrutura curricular será dividida em uma parte comum a todos, baseada nas competências gerais da BNCC, com aprendizados essenciais, que deverá abranger os três primeiros semestres do ensino médio. E os itinerários, organizados por áreas de conhecimentos, também norteados pelas competências gerais, abrangendo os últimos três semestres. São cinco áreas: Linguagens e suas tecnologias, Matemática e suas tecnologias, Ciências da Natureza e suas tecnologias, Ciências Humanas Sociais e Aplicadas e Formação técnica e profissional.

A BNCC determina competências específicas dentro de cada área de conhecimento, que devem ser seguidas na construção dos referenciais curriculares estaduais. Relacionadas a cada uma dessas competências, são descritas habilidades a serem desenvolvidas ao longo da etapa, além de habilidades específicas de Língua Portuguesa que é componente obrigatório durante todo o ensino médio, conforme a Lei de Diretrizes e Bases da Educação, artigo 35A, § 3º (BRASIL, 1996).

Conforme o Ministério da Educação, a BNCC e o novo ensino médio não excluem

⁴ No Estado do Paraná a deliberação CEE/PR nº 03/2018 estabelece normas complementares que instituem o Referencial Curricular do Paraná: princípios, direitos e orientações, com fundamento na Base Nacional Comum Curricular da Educação Infantil e do Ensino Fundamental e orientam a sua implementação no âmbito do Sistema Estadual de Ensino do Estado do Paraná. Disponível em http://www.cee.pr.gov.br/arquivos/File/pdf/Deliberacoes/2018/deliberacao_03_18.pdf . Para o ensino médio, os referenciais estaduais ainda estão em discussão. O texto completo se encontra disponível em http://www.cee.pr.gov.br/arquivos/File/Referencial_Completo_4_12.pdf.

disciplinas. Propõe um ensino pluridisciplinar e com base obrigatória em todo o país. Os itinerários vêm como uma alternativa para que o jovem estude a área com tem maior afinidade, sem descartar a base essencial para todos. De acordo com o Ministério da Educação, a jornada escolar será aumentada, passando de 2400 horas para 3000 horas. Sendo 1200 horas separadas para os itinerários escolhidos pelos alunos. Ainda conforme o Ministério da Educação, a proposta envolve mais aulas diversificadas, significativas e voltadas ao mundo do trabalho (BRASIL, 2018).

Existem críticas pertinentes à BNCC, muitos aspectos foram ignorados na construção desse documento. Segundo Ferreti (2018, p. 26) a BNCC se justifica pela baixa qualidade do ensino médio ofertado no país e a necessidade de torná-lo atrativo aos alunos, em face dos índices de abandono e de reprovação. É equivocado responsabilizar apenas o currículo escolar pelo abandono dos alunos. Fatores como infraestrutura da escola e questões socioeconômicas foram desconsiderados. Muitos jovens abandonam os estudos por questões de necessidade, para contribuir na renda da família, gravidez na adolescência e até violência dentro do ambiente escolar. E a infraestrutura das escolas darão conta de um ensino diversificado, com projetos e aulas em período integral? Essas são questões ignoradas no texto da BNCC e da Lei 13415/2017, já referidas.

Silva e Loureiro (2020, p. 3) relatam que a BNCC não aborda a Educação Ambiental de forma crítica e com aprofundamento nas questões socioambientais, levando ao um total silenciamento sobre essas questões. Venco e Carneiro⁵ (2018, p. 07, apud SILVA E LOUREIRO, 2020, p. 3) destacam que por meio das política públicas da BNCC “[...] o Brasil opta, seguindo sua tradição, por uma educação submissa aos países centrais [...] pautando-se pela concepção política de Estado mínimo”.

Nessa concepção, para Silva e Loureiro (2020) o estado trata direitos sociais como serviços promovendo políticas privativas. A parceria entre público e privado onde a BNCC se enquadra com o objetivo de promover o direito de aprendizagem, conforme Silva e Loureiro (2020, p. 4) “[...] não passa de um instrumento em prol do favorecimento dos interesses do mercado”. A normatização do ensino traz a obrigatoriedade de conteúdos e promove também o esvaziamento das questões sociais no documento, tratando-as de maneira superficial e fora de contexto (SILVA E LOUREIRO, 2020).

E nesse panorama com o novo ensino médio como fica o ensino de embriologia à luz da BNCC? Na área de Ciências da Natureza e suas tecnologias são três as competências

⁵ VENCO, S. B.; CARNEIRO, R. F. Para quem vai trabalhar na feira... essa educação está boa demais”: a política educacional na sustentação da divisão de classes. **Horizontes**, Itatiba, v. 36, n. 1, p. 7-15, 2018.

específicas, e cada uma delas possui as habilidades a serem trabalhadas:

1. Analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas 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/ou global.
2. Construir 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 decisões éticas e responsáveis.
3. Analisar 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).

A competência número 2 abrange a Biologia e como consequência o estudo da embriologia, mostrando que sim, o conhecimento desta área é importante para a compreensão da vida, seu funcionamento e evolução. A competência 3 atenta para as aplicações do conhecimento científico, mostrando novamente que a compreensão em embriologia é importante para o entendimento de processos envolvendo células-tronco, clonagem terapêutica, fertilização *in-vitro* e biotecnologia. Aliando esses conhecimentos ao desenvolvimento tecnológico e suas implicações na sociedade.

Como explicitado nas competências específicas, não há divisão de conteúdos específicos nem em disciplinas como Biologia, Química e Física. Essa organização provavelmente acontecerá na construção dos referenciais estaduais.

Pode-se observar que dentro das competências gerais e específicas para Ciências da Natureza e suas tecnologias o conteúdo científico é abrangido e aliado à demanda tecnológica, sendo cada vez mais pertinente a compreensão de todas as fases do desenvolvimento da vida.

3.4. O Ensino de Embriologia na Educação Básica

O conteúdo de embriologia é contemplado no primeiro ano do ensino médio e de acordo com Assman *et al.* (2004, p.2) enfoca todos os eventos desde a fertilização até o nascimento,

[...] abordando os processos de gametogênese, fecundação, clivagem, gastrulação, morfogênese e organogênese, buscando compreender o fenômeno comum e espantoso da embriogênese: a proliferação de uma única célula, o zigoto, que dará origem a um novo ser. (ASSMAN *et al.*, 2004. p.2).

Conforme os Parâmetros Curriculares Nacionais para o ensino médio, PCNEM, de

Biologia, a vida é seu objeto de estudo em toda a sua diversidade e recomendam que os estudos sobre embriologia atenham-se à espécie humana, tendo como foco as principais fases embrionárias, os anexos embrionários e a comunicação intercelular no processo de diferenciação, ressaltando que não é necessário conhecer o desenvolvimento embrionário de todos os grupos de seres vivos para compreender e utilizar a embriologia como evidência da evolução, sendo o principal objetivo compreender como de uma célula – o ovo – se organiza um organismo (BRASIL, 2002)

Desse modo, os PCNEM não contemplam um estudo detalhado do desenvolvimento embrionário dos vários seres vivos, mesmo sendo a vida, como um todo, o objeto de estudo. A visão dos conteúdos de embriologia propostas pelos PCNEM é reducionista, o estudo das partes para se chegar ao todo. Mas em se tratando do ensino-aprendizagem em Biologia, essa prática não se aplica. De acordo com Moreira e Massoni (2016, p. 51) os sistemas biológicos são ordenados e suas propriedades não se restringem às propriedades físico-químicas dos componentes. A organização destes sistemas não é redutível a propriedades inferiores. Os sistemas biológicos armazenam informação historicamente adquirida e frequentemente surgem propriedades que não são explicadas por uma simples análise dos seus componentes. Diante destas situações, a abordagem no ensino de Biologia deve ter uma visão holística.

Segundo Mayr⁶ (1998 apud MOREIRA E MASSONI, 2016, p. 50) existem dois campos distintos da Biologia, a funcional (mecanicista) e a histórica (evolucionista). A primeira lida com a fisiologia de todas as atividades dos organismos vivos, incluindo os processos celulares e do genoma. A Biologia histórica envolve todos os aspectos relacionados com a evolução e torna indispensável o conhecimento da história. Os processos funcionais podem ser explicados de forma mecanicista, mas a Biologia histórica é muito diferente das ciências exatas, pois lida com fenômenos únicos como a origem do ser humano, por exemplo, e não há como explicar fenômenos únicos através de leis universais.

Diante desta perspectiva, o ensino de embriologia deve ser pautado em uma visão histórica e comparada levando em consideração o desenvolvimento embrionário de vários seres vivos e suas relações evolutivas, deixando claro que os PCNEM trazem uma visão limitada do ensino significativo para esse conteúdo.

Os Parâmetros Curriculares Nacionais Para o Ensino Fundamental de ciências não trata do conteúdo de embriologia diretamente. Quando se trata do ensino sobre reprodução, mesmo no Ensino Fundamental, é necessário explicar os conceitos básicos de embriologia

⁶ MAYR, E. O Desenvolvimento do Pensamento Biológico: diversidade, evolução e herança. Brasília: Editora da UNB, 1998. 1087p.

como fecundação, divisão celular, diferenciação celular e formação do novo ser. Esses são requisitos básicos para que o aluno compreenda a formação do embrião e o desenvolvimento do feto e são fundamentais para a compreensão do conteúdo específico de embriologia no ensino médio (BRASIL, 2002).

Com os avanços na área de Ciências da Natureza, saúde e tecnologia, se tornou imprescindível a compreensão holística do conteúdo de embriologia que é uma área onde muitas pesquisas têm acontecido tornando necessário um estudo mais aprofundado levando assim a integração desta com outras áreas da ciência tais como a genética, a bioquímica e a fisiologia (ASSMAN *et al.*, 2004, p. 2). As descobertas provenientes destes estudos estão cada vez mais difundidas nos meios de comunicação. Contudo, apesar da grande quantidade de informações difundidas pelos meios de comunicação, incluindo as mídias sociais, a população tem poucos subsídios para compreender grande parte das informações recebidas, pois desconhece os fundamentos básicos do desenvolvimento humano (ASSMANN *et al.*, 2004, p. 2).

O conteúdo de embriologia, encontra dificuldades para ser ministrado devido à carência de materiais apropriados para sua visualização e manejo de exemplares, sobretudo os microscópios óticos. Sabe-se que a falta de material apropriado é um fator limitante, entretanto cabe ao professor procurar outros meios para a transmissão dos conteúdos. Além do mais ensinar embriologia requer uma atenção muito grande por parte do professor, pois este conteúdo é carregado de termos técnicos o que dificulta ainda mais o aprendizado, que é de grande importância para o aluno, principalmente as primeiras fases do desenvolvimento embrionário, pois são esses os conceitos que trazem a noção de como ocorrem as primeiras divisões celulares e o que originará cada uma dessas fases, proporcionando uma melhor compreensão para os conteúdos subsequentes.

3.5. O uso da impressora 3D no ensino de embriologia, um breve levantamento bibliográfico

Baseando-se no caráter tecnológico de grandes períodos de desenvolvimento da humanidade, são inventadas as taxionomias para as culturas, tal como a Idade da Pedra, Idade do Aço e a Revolução Pós-industrial. Sem dúvida estamos hoje na Era da Informação, pois a tecnologia de informação e comunicação representa o modo de vida da sociedade atual.

Conforme Aguiar (2016, p. 20) “[...] os conhecimentos tecnológicos, científicos e informacionais deram suporte à vida no meio urbano. A automação, engenharia genética,

computação são alguns dos ícones da sociedade tecnológica que nos envolve diariamente”.

As Tecnologias de Informação e Comunicação, TIC, tornaram-se determinantes no processo de mudança na forma de interação social. Aguiar (2016, p. 20) destaca que essas mudanças exigem formação cada vez mais frequente e provocando mudanças inclusive na atividade profissional. A tecnologia de impressão 3D é emergente e traz mudanças à sociedade em todos os âmbitos. A impressão 3D tem sido usada na medicina para reconstruir partes do corpo humano, como ossos fraturados a partir de imagens de ressonância magnética 3D; na arquitetura para construir maquetes e na prototipagem rápida para a engenharia e design de produtos. Essa tecnologia se estende também à educação, a bibliografia sobre esse tema não é ampla.

No ensino de Biologia, o uso de experimentação é pertinente para dar significado ao aprendizado dos conteúdos. Segundo Aguiar (2016, p. 35) “[...] nas grades curriculares de vários cursos de licenciatura há disciplinas específicas para esse tema, com o objetivo de ensinar futuros professores a desenvolverem a experimentação e instrumentação na escola”.

A tecnologia de impressão 3D vem ao encontro dessa prática pedagógica, uma vez que possibilita a visualização de conceitos. Aguiar (2016, p. 36) corrobora com essa ideia, afirmando que o ensino pode ser melhorado por meio das atividades práticas, principalmente quando os conceitos são difíceis de serem visualizados e compreendidos abstratamente. O autor argumenta que os modelos físicos no ensino também possibilitam que estudantes cegos adquiram conceitos espaciais por meio da manipulação desses objetos. Estudantes com baixa visão também se beneficiam, pois eles têm dificuldades de perceber conceitos espaciais a partir de figuras ou descrições em livros.

Os professores, em geral, concordam que a melhoria do ensino passa pelas atividades práticas, raramente elas são realizadas. Borges (2002, p. 294) descreve alguns desses motivos, tais como: não existirem atividades já preparadas para o uso do professor; falta de recursos para compra de componentes e materiais de reposição; falta de tempo do professor para planejar a realização de atividades como parte do seu programa de ensino; laboratório fechado e sem manutenção. A fim de superar o problema, professores improvisam aulas práticas e demonstrações com materiais do dia a dia.

Ainda segundo Aguiar (2016, p. 36) para trabalhar as atividades práticas nas universidades, constantemente são encontrados modelos físicos para o ensino de conteúdo como a cinemática e a dinâmica. No ensino de química os modelos de moléculas usando bolas de isopor e palitos são constantemente utilizados. Esses modelos vão se tornando obsoletos e acabam substituídos por vídeos e animações computadorizadas tornando essas atividades, que

seriam lúdicas, em aulas expositivas. Os altos custos dos modelos físicos também inviabilizam as reposições.

Por essas dificuldades, Aguiar, (2016, p. 36) afirma que a tecnologia de impressão 3D tem potencial para reverter esta situação. As impressoras 3D possibilitam a fabricação de objetos tridimensionais com detalhes complexos de maneira mais simples e rápida, sem fazer uso de inúmeras ferramentas ou recursos. Por essas características, a impressão 3D possibilita que os educadores consigam criar e produzir seus modelos físicos.

O uso da impressão 3D na educação vai além da simples construção de objetos para visualização. Kostakis, Niaros e Giotitsas⁷ (2014, apud AGUIAR, 2016, p 44) baseando-se na teoria de ensino-aprendizagem do Construcionismo, desenvolvida por Seymour Papert (1986)⁸, analisaram qual poderia ser o papel desempenhado pelo design e pela impressão 3D, juntamente as outras tecnologias, no desenvolvimento e implementação de novas ideias educacionais e como podem servir como um meio de aprendizagem e comunicação.

Segundo Aguiar (2016) a teoria do construcionismo enfatiza que a construção dos artefatos envolve conhecimento para ser realizada, produzindo aprendizagem significativa pois, de acordo com Aguiar (2016, p. 44), “[...] o conhecimento não é visto como uma mercadoria a ser transmitida, mas sim como uma experiência pessoal que deve ser construída e o estudante deve estar pessoalmente (intelectualmente e emocionalmente) envolvido”.

Para Aguiar (2016, p. 189-190) a impressão 3D, usada como ferramenta de aprendizagem, ajuda o aluno a pensar diferente, ver o mundo de outra maneira. Ajuda a formar ambientes que dão o estímulo adequado a estudantes que se apresentam indiferentes na escola, pois possibilita que eles aprendam por conta própria mediante exploração. Contudo, primeiro é necessário a familiarização dos professores com a impressão 3D e, também, com a construção dos modelos em softwares específicos para esse fim. Os professores devem ter cuidados extras com a explicação de conceitos e princípios, e, a partir desse ponto, os estudantes poderão prosseguir por “conta própria”, construindo seu conhecimento de maneira significativa.

O uso de modelos impressos em impressoras 3D está se popularizando, mas ainda é pouco utilizado dentro do conteúdo de embriologia. A aplicação, em todos os artigos e trabalhos pesquisados sobre o tema, se restringe ao uso de modelos que são encontrados prontos em repositórios online de imagens em 3D para baixar e imprimir. Uma busca rápida

⁷ KOSTAKIS, V.; NIAROS, V.; GIOTITSAS, C. **Open source 3D printing as a means of learning: An educational experiment in two high schools in Greece.** Telematics and informatics, v. 32, n. 1, p. 118-128, 2014.

⁸ PAPERT, S. **Constructionism: a new opportunity for elementary science education.** Massachusetts Institute of Technology, The Epistemology and Learning Group. Proposta para a National Science Foundation, 1986.

no Google, com o termo “repositórios de imagens em 3D”, resultou em 221.000 resultados sugerindo sites com imagens já modeladas e gratuitos como por exemplo os sites: Free 3D⁹, Thingiverse¹⁰, YouImagine¹¹, My Mini Factory¹², GrabCAD¹³, 3DExport¹⁴, XYZprinting 3D Gallery¹⁵ e muitos outros.

Nestes espaços se encontram muitos objetos de decoração para a impressão, sólidos geométricos, peças de jogos de tabuleiros e imagens afins. São restritas as opções para o uso didático em Biologia e para embriologia são inexistentes, sendo essa mais uma dificuldade que o professor enfrenta para o uso desta metodologia. O professor e os alunos precisarão construir seus modelos didáticos e isso exige capacitação por parte do professor. No portal de periódicos da CAPES¹⁶, foi encontrado apenas um trabalho que relaciona o uso da impressora 3D no ensino de embriologia: “Utilização de modelos em 3D como recurso didático no ensino de embriologia do sistema nervoso central” de autoria de Suzana Guimarães Moraes e Anderson de Lima Muniz (MORAES e MUNIZ, 2018). Este trabalho trata do uso de modelos em três dimensões no ensino de embriologia do sistema nervoso central no 2º ano de medicina.

Os pesquisadores fizeram uso de modelos do sistema nervoso central. Modelaram as estruturas no site “Autodesk 123 design” uma vez que não são encontradas essas imagens prontas em repositórios virtuais. Os alunos foram separados em dois grupos, um com a metodologia tradicional e o outro com o uso dos modelos e não observaram muitas diferenças na aquisição do conhecimento entre as diferentes metodologias, mas valorizam o uso de diferentes tecnologias para manter a instituição atualizada em relação as inovações da educação e fornecer aos alunos um arsenal rico em materiais pedagógicos.

Ainda no portal de periódicos da CAPES, usando o termo “ensino de embriologia” foram encontrados 53 trabalhos. Muitos voltados para o ensino superior nos cursos de medicina. Poucos trabalhos tinham como foco o ensino médio e os temas eram o ensino de embriologia pela resolução de problemas e o uso de modelos em argila para o ensino de embriologia. Usando o termo “impressora 3D e ensino” foram encontrados 6 resultados no portal de periódicos da CAPES e somente um trabalho relacionava impressão em 3D e

⁹ <https://free3d.com/>

¹⁰ <https://www.thingiverse.com/>

¹¹ <https://www.youimagine.com/>

¹² <https://www.myminifactory.com/>

¹³ <https://grabcad.com/library>

¹⁴ <https://pt.3dexport.com/free-3d-print-models>

¹⁵ <https://3d-gallery.xyzprinting.com/en-US/gallery/>

¹⁶ Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior Trata-se de uma fundação do Ministério da Educação (MEC), que é responsável pela expansão e consolidação da pós-graduação – mestrado e doutorado - em todos os estados da Federação. <https://www.capes.gov.br/>

embriologia (artigo 3 da tabela abaixo), que já foi citado acima. Os demais tinham como foco a impressão 3D e novas perspectivas de ensino, o uso de modelos concretos no ensino de matemática, tecnologias educacionais para cegos, prototipagem e tecnologias digitais no ensino de matemática. O quadro 2 mostra os artigos que relacionam impressão em 3D e ensino.

Quadro 2: Artigos selecionados na revisão de literatura.

ID	TITULO	AUTORES	ANO
1	A Aplicação de Tecnologias de Prototipagem Rápida na Confeção de Matrizes Táteis.	Maria Ferreira Luiz da Silva	2014
2	A Impressora 3D e Novas Perspectivas para o Ensino: Possibilidades Permeadas Pelo Uso de Materiais Concretos.	Maria Ivete Basniak André Rafaela Liziero	2017
3	Utilização de Modelo 3D Como Recurso Didático no Ensino de embriologia do Sistema Nervoso Central.	Suzana Guimarães Moraes Anderson de Lima Muniz	2018
4	Tecnologias Educacionais Para Cegos e Tecnologias emergentes: Um Estudo Bibliográfico.	Graziela Sombrio Vania Ulbricht	2019
5	Praticas Educativas de Cálculo: Um Mapa Teórico das Pesquisas Publicadas em Anais de Eventos de Educação Matemática.	Joice Rejane Pardo Maurell	2020
6	Mobilização de Crivos de Curvas e de Superfícies na Resolução de Problemas Matemáticos: Uma Aplicação no Ensino Superior.	Afonso Henrique, André Negamine, Rogério Seródio	2020

Fonte: Autora, (2020).

Os artigos 1 e 4 discorrem sobre a construção de modelos em impressoras 3D para serem usados como recursos didáticos para a inclusão de pessoas com deficiência visual. Nenhum dos artigos traz o uso dessa ferramenta para o ensino de biologia ou embriologia. O artigo 2 da tabela discorre sobre o uso de modelos em 3D como recurso didático que pode ser utilizado em várias disciplinas. Os pesquisadores partiram das suas experiências com modelagem e impressão em 3D para oferecer aos professores a confecção de modelos para serem usados em aula e analisar a qualidade dos modelos impressos e seu uso didático pelos professores. Esse artigo discorre sobre o desconhecimento por parte dos professores de todo o potencial da impressora 3D assim como a falta de capacitação dos professores para o uso dessa tecnologia. Este artigo não discorre sobre o uso específico nas aulas de biologia mas traz uma perspectiva do uso desta ferramenta em toda a educação.

O quinto artigo tem como objetivo analisar as temáticas que emergem nas pesquisas sobre práticas educativas de Cálculo por meio da elaboração de um mapa teórico baseado em pesquisas publicadas em anais de eventos de Educação Matemática. Para a elaboração do mapa foram analisados os eixos que discutem a Educação Matemática no Ensino Superior. Neste processo emergiram cinco categorias, cujas temáticas versam sobre as tecnologias digitais, as metodologias educativas, a utilização de software com suporte em uma

metodologia educativa, a emergência das pesquisas nas práticas educativas de Cálculo e modelagem matemática. A única relação que este artigo traz com a impressora 3D é a análise de um trabalho de 2014 publicado nos anais do XVIII EBRAPEM onde a autora faz uso de modelos impressos em 3D nos cursos de Cálculo Diferencial Integral I. Segundo a autora, a utilização dos softwares permitiu a produção de materiais didáticos úteis em sala de aula, baseada no conceito de Projetos de Construção de Objetos Concretos, PCOC.

O último artigo selecionado também discorre sobre o uso de modelos em 3D no curso de Matemática no Ensino Superior, voltado para Geometria Espacial e Analítica. Esse artigo discorre sobre a dificuldade de compreensão por parte dos alunos na representação geométrica em três dimensões. Sendo assim a construção de modelos através da impressora 3D é uma alternativa pedagógica viável para preencher essa lacuna. Os artigos 5 e 6 não se referem ao uso dessa ferramenta no ensino em outras disciplinas, evidenciando a escassez de pesquisas na área de embriologia com o uso da impressora 3D.

O advento da impressão 3D impulsionou muitos avanços e pesquisas dentro da área da saúde, principalmente na medicina. Um exemplo é a impressão de próteses através desse recurso, que mostra ter potencial para avanços em diversas áreas, sendo uma delas a educação. Infelizmente, a tecnologia de impressão 3D ainda não tem sido amplamente utilizada para o ensino de embriologia pois poucos estudos relacionaram embriologia com a impressora 3D. Para uso dessa ferramenta é necessário ter os modelos tridimensionais prontos para a impressão ou então saber confeccioná-los em plataformas próprias, dificultando o desenvolvimento de projetos nesse sentido.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. Caracterização da pesquisa

A pesquisa é de natureza quali-quantitativa, com ênfase na natureza qualitativa, na modalidade pesquisa participante. Esse tipo de investigação conta com a participação dos sujeitos pesquisados, combinando a forma de inter-relacionar a pesquisa e as ações em um determinado campo que é selecionado pelo pesquisador. Outro ponto a ser considerado é a reflexão do pesquisador sobre como suas pesquisas contribuem na produção do conhecimento através da análise de diferentes perspectivas (CAVALCANTI, 2012, p. 45).

De acordo com Tumelero (2019) a pesquisa participante busca o envolvimento da comunidade na análise de sua própria realidade e se desenvolve a partir da interação entre pesquisador e membros das situações investigadas, buscando os interesses da comunidade na sua própria análise visando encontrar problemas reais para serem debatidos e estudados. Neste sentido, a pesquisa participante busca conhecer e agir para encontrar uma ação de mudança em busca do benefício do grupo estudado.

Esse tipo de pesquisa tem características próprias, permite integrar um processo de conhecimento e ação entre os participantes. É sempre iniciada a partir de uma realidade concreta e os participantes têm conhecimento do processo. Neste contexto, pode-se empregar métodos tradicionais na coleta de dados, mas procura-se posturas qualitativas e comunicação interpessoal. É um processo coletivo e uma experiência educativa.

Para Tumelero (2019), a pesquisa participante pode ser desenvolvida da seguinte forma,

[...] 1. Montagem institucional e metodológica da Pesquisa Participante.

Em primeiro lugar, pensando na montagem institucional e metodológica, deve-se realizar:

- Definição dos objetivos, conceitos, hipóteses, métodos e do quadro teórico da pesquisa;
- Delimitação da região a ser estudada;
- Organização do processo de pesquisa participante. Quais grupos serão associados, distribuição das tarefas, procedimentos e partilha das decisões e etc;
- Seleção e formação dos pesquisadores ou de grupos de pesquisa;
- Elaboração do Cronograma de operações a serem realizadas.

2. Estudo preliminar da região e população envolvida.

[...] 3. Análise crítica dos problemas considerados prioritários.

[...] 4. Programação e aplicação de um plano de ação. (TUMELERO, 2019).

Essa abordagem de pesquisa, quando utilizada para estudos na área da educação, proporciona um processo de reflexão-ação-reflexão que ajuda aos professores a ter clareza sobre sua prática em sala de aula, promovendo mudanças atitudinais necessárias para assegurar uma boa prática pedagógica, gerando mudanças na cultura escolar, contribuindo para práticas democráticas e participativas, fazendo surgir uma ressignificação do conceito de professor, de aluno, de aula e de aprendizagem (OLIVEIRA, s.d.).

4.2. Participantes da pesquisa e abrangência

A pesquisa foi desenvolvida no Colégio Estadual do Campo Dom Pedro I, localizada no distrito de Entre Rios, município de Guarapuava/PR, com turmas de primeiro ano do ensino médio durante as aulas de Biologia, no período noturno. Optou-se por trabalhar com esse nível de ensino porque o conteúdo de embriologia é trabalhado somente no ensino médio, no primeiro ano.

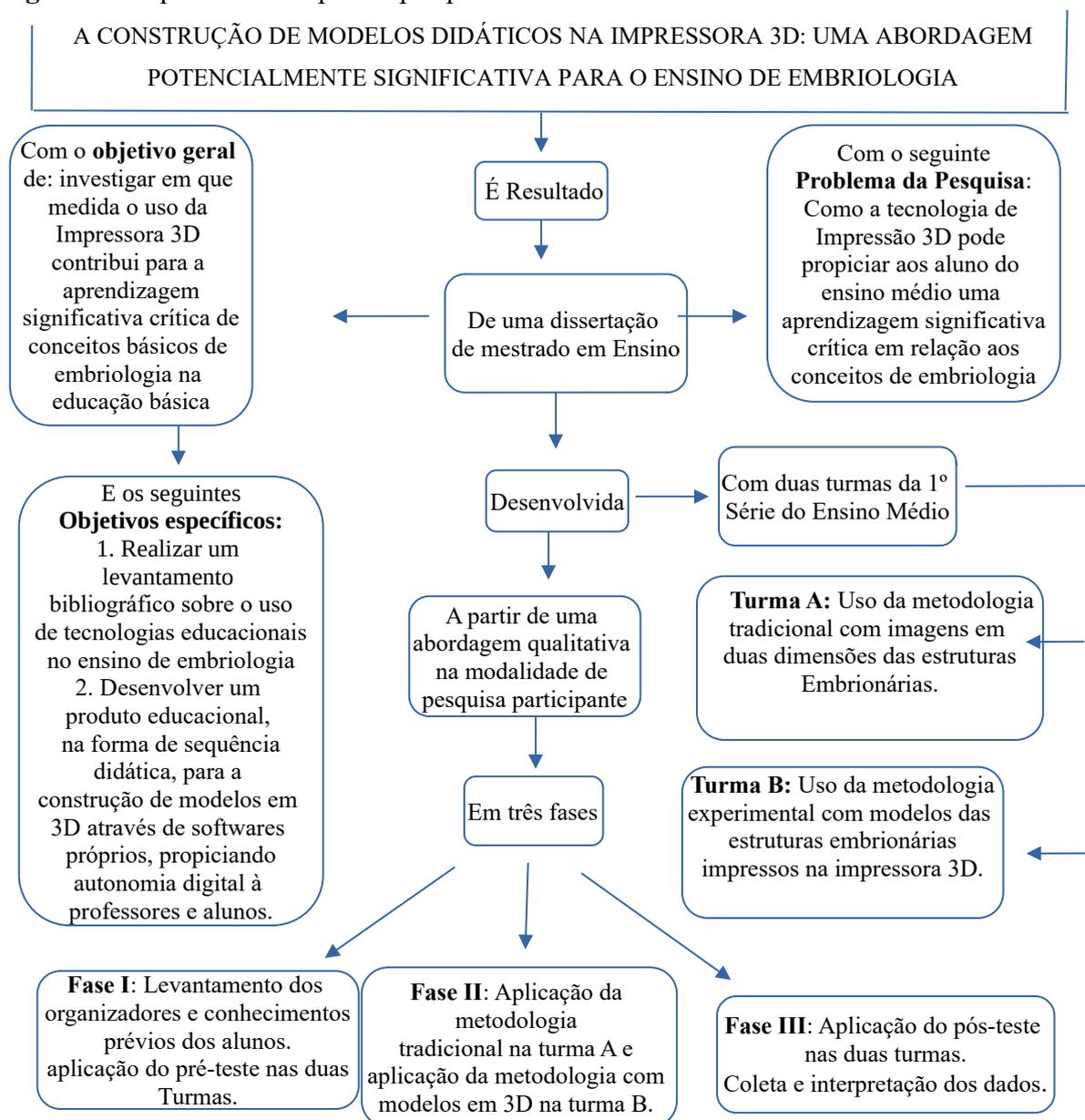
Realizou-se um delineamento experimental de acordo Moreira (2009; 2016, p. 40) envolvendo duas turmas de primeiro ano do ensino médio. A primeira turma era constituída por 36 alunos e a segunda por 38.

O colégio Dom Pedro I pertence ao Núcleo Regional de Educação de Guarapuava, e sendo o único colégio estadual no distrito de Entre Rios, ofertando ensino médio, fundamental e Educação de Jovens e Adultos (EJA). Atende a comunidade escolar de Entre Rios e regiões próximas como assentamentos e alunos de áreas rurais. O colégio possui 30 turmas no ensino regular, sendo 12 no período da manhã, 12 no período vespertino e 06 turmas no período noturno. Neste período, também, funcionam as duas turmas de EJA. O colégio é formado por 3 blocos onde as salas estão distribuídas, incluindo salas de aula e dos professores, o laboratório de ciências, informática e multimídia e a secretaria. A cozinha fica anexa ao saguão. Existem também quadra poliesportiva e ginásio. Outras características da escola são: clientela heterogênea em questões socioeconômicas e culturais; alunos com defasagem de idade e série; significativo número de alunos que recebem algum tipo de auxílio governamental, incluindo alunos de orfanato e casas lares. Diante dessa diversidade, a escola busca garantir equidade de estudos para os alunos, ofertando sala de recurso e sala de apoio. Dessa maneira a escola procura integrar a família e a comunidade. Os professores são solícitos e se colocam a disposição para atendimento de alunos, pais ou responsáveis. Os alunos são avaliados de formas diversificadas, visando atingir todos os alunos e suas particularidades, minimizando a evasão escolar e a reprovação.

4.3. Fases e instrumentos da pesquisa

Para melhor compreensão das atividades realizadas durante o presente estudo elaborou-se um esquema a partir das etapas executadas e um diagrama em V com o intuito de organizar e analisar o processo de construção do conhecimento. O esquema permite organizar e exibir com clareza a estrutura desta dissertação e o diagrama em V possibilita analisar as partes de todo o processo e as maneiras como elas se relacionam (MOREIRA, 2007, 2012). As fases e etapas deste trabalho serão descritos nos subitens que se seguem.

Figura 1: Esquema das etapas da pesquisa.



Fonte: Autora, (2020).

Figura 2: Diagrama em V da pesquisa.

Fenômeno de Interesse: A aprendizagem significativa crítica no ensino de embriologia.

Domínio Conceitual

FILOSOFIA: A construção de modelos das estruturas embriológicas em 3D propicia ao aluno a superação de obstáculos epistemológicos, essenciais no processo cognitivo.

TEORIAS: A construção do espírito científico de Gaston Bachelard.
Aprendizagem significativa crítica de Marco Antônio Moreira.

PRINCÍPIOS: Para Bachelard a apropriação do conhecimento acontece quando o sujeito supera os obstáculos epistemológicos que dificultam o processo de aprendizagem por parte do sujeito. Sendo assim a superação desses obstáculos permite ao sujeito uma aprendizagem significativa crítica. Marco Antônio Moreira define aprendizagem significativa crítica como aquela perspectiva que permite ao sujeito fazer parte de sua cultura e, ao mesmo tempo, estar fora dela, podendo lidar com as mudanças sem ser subjugado à elas.

CONCEITOS: Aprendizagem significativa crítica, conhecimento prévio, estrutura cognitiva, subsunçores, obstáculos epistemológicos, princípios da aprendizagem significativa crítica, impressão em 3D, fecundação, segmentação, desenvolvimento embrionário, estruturas embrionárias.

QUESTÃO BÁSICA:

A tecnologia de impressão 3D pode propiciar aos alunos do ensino médio uma aprendizagem significativa crítica em relação aos conceitos de embriologia?

Domínio Metodológico

ASSERÇÕES DE VALORES:

A superação dos obstáculos epistemológicos propicia a aprendizagem significativa crítica, alterando a estrutura cognitiva do aluno.

ASSERÇÕES DE CONHECIMENTO: Para a mudança na estrutura cognitiva gerando aprendizagem significativa crítica dentro do conteúdo de embriologia, o aluno precisa compreender as estruturas embriológicas. Para tal compreensão é necessário a superação de obstáculos epistemológicos para a construção de conceitos funcionais. O uso da impressão em 3D gera esse conhecimento.

TRANSFORMAÇÕES:

identificação de proposições relevantes para a aprendizagem em embriologia. Elaboração de uma sequência didática, com uso de metodologias alternativas para o ensino de embriologia.

REGISTRO: Pré-teste e pós-teste, observação do pesquisador, anotações do pesquisador (diário de classe), relato dos alunos.

EVENTO: A pesquisa foi realizada com duas turmas, os alunos responderam um pré-teste sobre o conteúdo de embriologia e a melhor maneira de aprender. A turma A teve o conteúdo apresentado com metodologia tradicional expositiva com desenhos em 2D e a turma B teve o conteúdo apresentado com a construção das estruturas em 3D. Após esses eventos os alunos responderam um pós-teste sobre o conteúdo de embriologia e sobre a metodologia usada, se foi proveitosa ou não, na visão dos educandos.

Fonte: Gowin¹⁷, (1981, apud MOREIRA, 2007, 2012), adaptado pela Autora, (2020).

¹⁷ Gowin, D.B. **Educating**. Ithaca, NY: Cornell University Press, 1981

4.3.1 – Fase I

Primeiramente foram revistos os organizadores prévios sobre os conceitos fundamentais de embriologia, uma vez que este conteúdo só é visto no 7º ano do Ensino Fundamental, de maneira muito superficial. Para tal estratégia, utilizaram-se vídeos de fecundação, desenvolvimento embrionário, gestação e parto por meio da metodologia sala de aula invertida onde estes vídeos foram anexados à plataforma educacional Google Sala de Aula e os alunos puderam visualizar em casa, no momento propício para cada um. Esses materiais ficaram disponíveis para os alunos acessarem quantas vezes achassem necessário.

Após esta atividade, realizou-se uma conversa em sala de aula sobre os conteúdos assistidos e uma aula expositiva introduzindo os conceitos fundamentais de embriologia, em um nível mais elevado de abstração, generalidade e inclusividade do que provavelmente foi abordado no sétimo ano do Ensino fundamental.

Os alunos então responderam ao questionário de pré-teste, com o objetivo de levantar quais seriam os conhecimentos prévios sobre o tema e qual seria a melhor maneira para aprender sobre embriologia, com figuras ou com modelos em 3D. As questões aplicadas eram abertas, possibilitando ao aluno expressar sua opinião.

De acordo com Gatti (2012, p. 2) as opções para a busca de dados podem ser variadas, mas dependem da natureza das questões e da forma que são colocadas e das perspectivas que se tem quanto ao sentido das questões levantadas. Há momentos em que são necessárias as grandezas numéricas para discutir a questão em foco e há outros momentos em que se precisa de aprofundamentos de natureza mais qualitativa.

4.3.2. Fase II

Após a aplicação do pré-teste, com a turma A a metodologia aplicada foi a tradicional, expositiva com uso de imagens e figuras sobre as estruturas embrionárias e realização das atividades propostas pelo livro didático com correção oral e coletiva, sendo esta a turma controle. Segue uma sequência didática do que foi trabalhado durante as aulas com a turma A.

- a) Aula 1 e 2: Aulas expositivas, com uso de slides com texto e figuras em duas dimensões das estruturas embrionárias.
- b) Aulas 3 e 4: Leitura e interpretação do livro didático e resolução dos exercícios propostos pelo material didático.
- c) Aulas 5 e 6: Correção oral e coletiva dos exercícios propostos pelo livro didático.

- d) Aula 7: Avaliação escrita sobre o conteúdo ministrado, com perguntas objetivas e discursivas.

Na turma B, a turma experimental, foi utilizada a metodologia diferenciada com uso de modelos em três dimensões. E para tal atividade, foi necessário criar os “moldes” das estruturas embrionárias para impressão em 3D em softwares próprios. Muitos modelos previamente criados são encontrados em repositórios virtuais. Mas as estruturas embrionárias (mórula, blástula, gástrula e nêurula) não fazem parte desta realidade. Por isso foi necessário a criação desses arquivos no site Tinkercad¹⁸, que é uma plataforma de designer em 3D.

Essa plataforma foi escolhida por ser gratuita, de fácil acesso e online, não necessitando baixar programas nos computadores do colégio e dessa maneira não são necessárias máquinas com hardwares robustos e configurações específicas para rodar esses tipos de programas. Outra facilidade é que os trabalhos ficam salvos na nuvem do site, de forma online e não no hardware do computador, pendrive ou qualquer armazenamento físico. Para fazer uso dessa plataforma o aluno pode fazer uma conta própria no site e criar seus designers ou então o professor pode montar uma sala de aula dentro do Tinkercad e adicionar os alunos, que poderão criar seus designers dentro dessa sala de aula virtual e o professor tem acesso aos projetos dos alunos podendo fazer edições e contribuições aos designers.

Para a construção desses “moldes” e sua posterior impressão, foi elaborado um produto educacional no formato de uma sequência didática. No material que ficará disponível a professores e alunos da educação básica foi incluído tutoriais em vídeo sobre o uso do site Tinkercad e Google sala de aula¹⁹. Segue uma breve sequência do que foi trabalhado em cada aula com a turma B.

- e) Aula 1: Sala de aula invertida. Vídeos sobre estruturas embrionárias, tecidos embrionários e organogênese foram anexados ao Google sala de aula para visualização prévia dos alunos e posterior debate em sala de aula para complementação do conteúdo e sanar dúvidas remanescentes.
- f) Aula 2 a 5: Designer dos modelos em 3D das estruturas embrionárias no site tinkercad no laboratório de informática a partir da pesquisa dos alunos sobre as estruturas a serem modeladas.
- g) Aula 6: Visita ao Espaço *Maker* da Unicentro, no bloco do PPGEN. Os alunos conheceram a impressora 3D e puderam imprimir os modelos construídos por eles nas aulas anteriores.

¹⁸ <https://www.tinkercad.com/>

¹⁹ <https://classroom.google.com/>

- h) Aula 7: Uso dos os modelos construídos e impressos em aula, comparando com as figuras mostradas nas imagens e vídeos que os alunos assistiram. Os alunos montaram grupos e cada um explicou uma estrutura embrionária, sua formação e desenvolvimento. O conteúdo foi avaliado no formato de seminário com a apresentação das estruturas embrionárias pelos alunos.

4.3.3 – Fase III

Após a aplicação das duas metodologias, tradicional na turma A e com uso dos modelos em 3D na turma B, aplicou-se o pós-teste, nas duas turmas, para averiguar a aquisição significativa do conhecimento, comparando a metodologia tradicional com o uso de modelos em 3D. As questões elaboradas para o pós-teste eram abertas o que possibilitou a expressão das opiniões por parte dos alunos.

Para coleta de dados foram utilizados os questionários aplicados, anotações realizadas durante a aplicação do projeto e relatórios escritos realizados pelos alunos no caderno de Biologia onde as atividades diferenciadas foram registradas.

A partir da análise dos dados coletados atribuiu-se classificação em níveis atitudinais para as respostas dadas nos questionários estruturados em gráficos em frequência simples conforme o total de participantes em cada aplicação do pré e pós-teste expressando os dados matematicamente (STANGE, 2018, p. 280).

Quadro 3: Níveis e escala atitudinal para análise do pré-teste e pós-teste utilizado para as questões 1 a 8 aplicado nas turmas A e B.

Nível da resposta	Escala atitudinal
1	Não apresenta nenhum dos conceitos necessários, não possui noções mínimas sobre o conteúdo.
2	Apresenta poucos conceitos, demonstra ter poucas noções sobre o conteúdo.
3	Apresenta poucos conceitos, mas ainda assim demonstra ter conhecimento sobre o conteúdo.
4	Apresenta a maioria dos conceitos, demonstra conhecer o conteúdo.
5	Apresenta todos os conceitos, conhece o conteúdo

Fonte: Stange, Moreira e Villagrà, (2018).

As questões 9 e 10 do pré-teste investigam a opinião do aluno sobre as metodologias tradicional e com uso de modelos em 3D, sendo os níveis de análise diferentes do que foi utilizado para as questões anteriores, conforme os quadros abaixo:

Quadro 4: Níveis e escala atitudinal para a análise da questão 9 do pré-teste aplicado nas turmas A e B.

Nível da resposta	Escala atitudinal
1	Não respondeu a questão.
2	Prefere a metodologia com figuras em 2D mas não justificou o motivo da preferência.
3	Prefere a metodologia com figuras em 2D e justificou o motivo da preferência.
4	Prefere a metodologia com modelos em 3D mas não justificou o motivo da preferência.
5	Prefere a metodologia com modelos em 3D e justificou o motivo da preferência.

Fonte: Autora, (2020).

Quadro 5: Níveis e escala atitudinal para a análise da questão 10 do pré-teste aplicado nas turmas A e B.

Nível da resposta	Escala atitudinal
1	Não respondeu a questão.
2	Não gostaria de ter aula com uso de modelos em 3D.
3	Gostaria de ter aula com uso de modelos em 3D.

Fonte: Autora, (2020).

O pós-teste teve questões diferentes para as turmas, uma vez que na turma A foi utilizada a metodologia tradicional e na turma B a metodologia com impressão em 3D. Para a turma A buscou-se investigar a experiência pessoal do aluno com a metodologia tradicional e também qual foi a estrutura embrionária melhor compreendida por meio dessa metodologia. Outra questão abordada foi a preferência pessoal dos alunos sobre os diferentes tipos de metodologias que poderiam ser utilizadas em sala de aula. Os níveis de análise para estas questões estão descritos nos quadros a seguir:

Quadro 6: Níveis e escala atitudinal para a análise da questão 9 do pós-teste aplicado na turma A.

Nível da resposta	Escala atitudinal
1	Não respondeu a questão.
2	Achou fácil aprender sobre o conteúdo através da metodologia com figuras e imagens em 2D mas não justificou.
3	Achou fácil aprender sobre o conteúdo através da metodologia com figuras e imagens em 2D e justificou.
4	Não achou fácil aprender sobre o conteúdo através da metodologia com figuras e imagens em 2D mas não justificou.
5	Não achou fácil aprender sobre o conteúdo através da metodologia com figuras e imagens em 2D e justificou.

Fonte: Autora, (2020).

Quadro 7: Níveis e escala atitudinal para a análise da questão 10 do pós-teste aplicado na turma A.

Nível da resposta	Escala atitudinal
1	Não respondeu a questão.
2	A estrutura embrionária melhor compreendida através da metodologia tradicional, com imagens em 2D, foi a mórula.
3	A estrutura embrionária melhor compreendida através da metodologia tradicional, com imagens em 2D, foi a blástula.
4	A estrutura embrionária melhor compreendida através da metodologia tradicional, com imagens em 2D, foi a gástrula.
5	A estrutura embrionária melhor compreendida através da metodologia tradicional, com imagens em 2D, foi a nêurula.
6	Conseguiu compreender todas as estruturas através da metodologia tradicional, com uso de imagens em 2D.

Fonte: Autora, (2020).

Quadro 8: Níveis e escala atitudinal para a análise da questão 11 do pós-teste aplicado na turma A.

Nível da resposta	Escala atitudinal
1	Não respondeu a questão.
2	Não acredita que seria mais fácil aprender através de modelos em 3D, mas não justificou.
3	Não acredita que seria mais fácil aprender através de modelos em 3D e justificou.
4	Acredita que seria mais fácil aprender através de modelos em 3D, mas não justificou.
5	Acredita que seria mais fácil aprender através de modelos em 3D e justificou.

Fonte: Autora, (2020).

O pós-teste aplicado na turma B foi composto por 10 questões, nesta turma esse questionário buscou investigar nas questões exclusivas para esses alunos suas experiências pessoais na compreensão do conteúdo através do uso de modelos em 3D e qual foi estrutura embrionária melhor compreendida através dessa metodologia. Os níveis de análise para essas questões estão descritos nos quadros a seguir:

Quadro 9: Níveis e escala atitudinal para a análise da questão 9 do pós-teste aplicado na turma B.

Nível da resposta	Escala atitudinal
1	Não respondeu a questão.
2	Não acredita que a metodologia com modelos em 3D ajudou na aquisição do conteúdo e não justificou.
3	Não acredita que a metodologia com modelos em 3D ajudou na aquisição do conteúdo e justificou.
4	Acredita que a metodologia com modelos em 3D ajudou na aquisição do conteúdo e não justificou.
5	Acredita que a metodologia com modelos em 3D ajudou na aquisição do conteúdo justificou.

Fonte: Autora, (2020).

Quadro 10: Níveis e escala atitudinal para a análise da questão 10 do pós-teste aplicado na turma B.

Nível da resposta	Escala atitudinal
1	Não respondeu a questão.
2	A estrutura embrionária melhor compreendida através da metodologia com uso de modelos em 3D foi a mórula.
3	A estrutura embrionária melhor compreendida através da metodologia com uso de modelos em 3D foi a blástula.
4	A estrutura embrionária melhor compreendida através da metodologia com uso de modelos em 3D foi a gástrula.
5	A estrutura embrionária melhor compreendida através da metodologia com uso de modelos em 3D foi a nêurula.
6	Conseguiu compreender todas as estruturas através da metodologia com uso de modelos em 3D.

Fonte: Autora, (2020).

A partir das análises das respostas dos questionários, construiu-se gráficos relacionando as respostas com os níveis já citados.

4.4 – Elaboração do Produto Educacional

Um dos objetivos deste trabalho é a elaboração de um Produto Educacional, no formato de sequência didática, para a construção de modelos em 3D através de softwares próprios, buscando levar autonomia digital para professores e alunos. Para Dolz, Noverraz e Schneuwly (2004, p. 82) “[...] uma sequência didática é um Conjunto de atividades escolares organizadas, de maneira sistemática”. Conforme Pessoa (s.d) essa ferramenta corresponde a

um conjunto de atividades articuladas e planejadas em função de um objetivo didático. É organizada em torno de um conteúdo específico podendo envolver diferentes componentes curriculares onde o foco é a apropriação de um determinado conceito ou procedimento.

A sequência didática deve ser elaborada tendo por base alguns princípios didáticos segundo Pessoa (s.d.):

[...] valorização dos conhecimentos prévios dos alunos; ensino centrado na problematização; ensino reflexivo, com ênfase na explicitação verbal; ensino centrado na interação e na sistematização dos saberes; utilização de atividades diversificadas, desafiadoras e com possibilidade de progressão (das atividades mais simples às mais complexas) – lembrando que uma única atividade pode mobilizar diferentes conhecimentos e estimular diferentes habilidades. Nessa perspectiva, o aluno é sujeito ativo na construção do seu conhecimento.

A partir dessa ferramenta o professor organiza seu trabalho pedagógico e pode antecipar o que será focado, o tempo disponibilizado para cada atividade, qual será a mediação mais coerente conforme a necessidade dos educandos. Dessa forma o trabalho do docente pode ser articulado em vários eixos de ensino possibilitando aprendizagens diversificadas (PESSOA, s.d.).

A sequência didática elaborada a partir desse trabalho teve como foco o ensino de embriologia e das estruturas embrionárias. Além dos objetivos, números de aulas e os encaminhamentos didáticos, a sequência didática trará um tutorial, na forma de vídeo, para os professores usarem o software para a modelagem em 3D.

4.4.1 Breve descrição da SEQUÊNCIA DIDÁTICA – Uso de modelos em 3D para o ensino de embriologia.

Zabala²⁰ (1998, apud CABRAL, 2017, p.31) define a sequência didática como um “[...] conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de certos objetivos educacionais, que têm um princípio e um fim conhecidos tanto pelos professores como pelos alunos”. Contudo não se trata de um simples plano de aula, a sequência didática admite várias estratégias de ensino e aprendizagem que pode ser destinada a várias aulas. Para Cabral (2017) a sequência didática pode ser concebida como um conjunto de atividades sistematicamente planejadas vinculadas ao objeto de estudo com intervenções planejadas passo a passo conectadas entre si para atingir os objetivos de aprendizagem.

²⁰ZABALA, A. **A prática educativa**: como ensinar. Porto Alegre: ArtMed, 1998.

A sequência didática elaborada no produto educacional deste trabalho tem por finalidade orientar os docentes da educação básica quanto ao uso da tecnologia de impressão 3D no ensino de embriologia, despertando a curiosidade dos alunos através de metodologias ativas como a sala de aula invertida e produção de modelos em 3D. Essa ferramenta contempla tutoriais na forma de vídeo mostrando as etapas para a construção dos modelos em softwares próprios e a criação de salas virtuais para a aplicação da sala de aula invertida. Sugere encaminhamentos em sala de aula visando colocar o aluno como protagonista da construção do conhecimento, abrangendo as competências e habilidades previstas na BNCC. A sequência didática foi organizada por aulas, com seus devidos conteúdos e objetivos. Segue abaixo uma síntese da referida sequência didática:

Componente Curricular: Ciências da Natureza e suas Tecnologias.

Turma: 1º EM. Trimestre: 2º

Embriologia define-se pelo estudo dos embriões. Para que um embrião seja formado é necessário que ocorra a fecundação e a fertilização, ocorrendo a formação da célula-ovo ou zigoto. O zigoto realizará a duplicação das células, formando duas (blastômeros). Quando apresentar aproximadamente 12 blastômeros se denomina o estágio de mórula. Em seguida há a formação da blástula, esta é uma esfera oca, onde a camada de células envolve a blastocele (cavidade). Posteriormente há a gástrula, esta forma o arquêntero, a mesoderme e a ectoderme. E, por fim, a nêurula forma o tubo neural, ocorrendo no final da anterior. Os folhetos embrionários são a endoderme, mesoderme e ectoderme. Cada um é responsável por determinada parte do corpo: Ectoderme: forma a dentina, a pele, encéfalo, medula espinhal. Mesoderme: musculaturas estriada e lisa, sistema circulatório, etc. Endoderme: o revestimento internos dos órgãos, sistema digestório e seus órgãos anexos entre outros (LINHARES, GEWANDSZNAJDER E PACCA, 2017, p. 193).

Conteúdos

- Fecundação, tipos de ovos e segmentação.
- Desenvolvimento embrionário; estruturas, anexos e folhetos embrionários.

Objetivos

- Reconhecer a fecundação.
- Definir embriologia.
- Identificar as etapas de formação do embrião e diferenciá-las, reconhecendo as estruturas embrionárias.

- Identificar os tipos diferentes de ovos e suas segmentações.
- Observar e identificar os folhetos embrionários e a origem de diferentes partes do corpo.
- Relacionar embriologia com as tecnologias de clonagem e células-tronco.

Competências específicas e habilidades da BNCC

Competências específica 2

- Construir 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 decisões éticas e responsáveis.

Habilidades da competência 2

- (EM13CNT202) Interpretar formas de manifestação da vida, considerando seus diferentes níveis de organização (da composição molecular à biosfera), bem como as condições ambientais favoráveis e os fatores limitantes a elas, tanto na Terra quanto em outros planetas.
- (EM13CNT207) Identificar e analisar vulnerabilidades vinculadas aos desafios contemporâneos aos quais as juventudes estão expostas, considerando as dimensões física, psicoemocional e social, a fim de desenvolver e divulgar ações de prevenção e de promoção da saúde e do bem-estar.
- (EM13CNT203) Avaliar e prever efeitos de intervenções nos ecossistemas, nos seres vivos e no corpo humano, interpretando os mecanismos de manutenção da vida com base nos ciclos da matéria e nas transformações e transferências de energia.

Competência específica 3

- Analisar 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).

Habilidades da competência 3

- (EM13CNT301) Construir questões, elaborar hipóteses, previsões e estimativas, empregar instrumentos de medição e representar e interpretar modelos explicativos, dados e/ou resultados experimentais para construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica.

- (EM13CNT302) Comunicar, para públicos variados, em diversos contextos, resultados de análises, pesquisas e/ou experimentos – interpretando gráficos, tabelas, símbolos, códigos, sistemas de classificação e equações, elaborando textos e utilizando diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC) –, de modo a promover debates em torno de temas científicos e/ou tecnológicos de relevância sociocultural.
- (EM13CNT303) Interpretar textos de divulgação científica que tratem de temáticas das Ciências da Natureza, disponíveis em diferentes mídias, considerando a apresentação dos dados, a consistência dos argumentos e a coerência das conclusões, visando construir estratégias de seleção de fontes confiáveis de informações.
- (EM13CNT304) Analisar e debater situações controversas sobre a aplicação de conhecimentos da área de Ciências da Natureza (tais como tecnologias do DNA, tratamentos com células-tronco, produção de armamentos, formas de controle de pragas, entre outros), com base em argumentos consistentes, éticos e responsáveis, distinguindo diferentes pontos de vista.

Número de aulas sugeridas:- 8 aulas de 50 minutos.

As aulas da sequência didática serão apresentadas nos quadros a seguir:

Quadro 11. Sequência didática – aulas 1 e 2: Sala de aula invertida.

Objetivos	-Resgatar o conhecimento prévio do aluno com vídeos sobre desenvolvimento embrionário e organogênese. - Desenvolver a interpretação de diferentes materiais didáticos como o vídeo. - Estimular a arguição do aluno. - Introduzir o conteúdo de desenvolvimento embrionário com uma metodologia onde aluno é protagonista do seu processo ensino-aprendizagem.
Recursos didáticos	- Laboratório de informática e celular. -Vídeo-aulas sobre desenvolvimento embrionário e organogênese. - Google sala de aula – plataforma online de sala de aula virtual.
Encaminhamentos	Montou-se uma sala de aula na plataforma Google sala de aula e anexou-se os materiais necessários e descritos acima. Na primeira aula, o professor foi com os alunos ao laboratório de informática do colégio e orientou o acesso a essa plataforma e disponibilizou tempo para que os alunos visualizassem o material. Esse procedimento ajudou os alunos que possuíam dificuldade de acesso em suas residências. Os alunos foram orientados a visualizar o material disponível na sala virtual em casa e quantas vezes achassem necessário se preparando para o debate na próxima aula. Na segunda aula o professor fez questionamentos aos alunos sobre o conteúdo do vídeo e problematizou o tema para que os alunos participassem dando suas opiniões, assim o professor teve a oportunidade de mediar a aquisição do conhecimento, complementando e sanando dúvidas.
Avaliação	- Participação dos alunos - Observação do professor e anotações particulares do docente.

Fonte: Autora, (2020).

Quadro 12. Sequência didática - Aulas 3, 4 e 5: Modelagem 3D.

Objetivos	<ul style="list-style-type: none">- Identificar as estruturas do desenvolvimento embrionário.- Desenvolver habilidades em tecnologias de informação e comunicação.- Modelar as estruturas embrionárias em softwares de desenhos em 3D.
Recursos didáticos	- Laboratório de informática. Site tinkercad e projetor multimídia.
Encaminhamentos	O Professor foi com os alunos ao laboratório de informática e dividiu a turma em grupos de 4 integrantes onde cada equipe ficou responsável pela modelagem de uma estrutura embrionária, que foram distribuídas por sorteio realizado pelo docente. O professor fez uma demonstração de imagens das estruturas com o projetor explicando-as. Solicitou que os alunos pesquisassem imagens e vídeos sobre essas estruturas. Cada grupo criou uma conta no site Tinkercad e os alunos começaram a criação dos projetos. Essa plataforma disponibiliza formas como esferas, cilindros, caixas, cones, textos, números, entre outros, para servir como “ponto de partida” para o projeto. Usando essas formas, os alunos podem agrupar, duplicar, desagrupar, alinhar, copiar, espelhar, apagar, aumentar, girar, diminuir até conseguir chegar em um resultado satisfatório para a modelagem. Dessa forma os alunos criaram modelos mais complexos a partir de formas simples preexistentes no site, com base na pesquisa realizada anteriormente. Para essa atividade foram necessárias quatro aulas até que todos os grupos finalizassem seus modelos.
Avaliação	Participação dos alunos <ul style="list-style-type: none">- Observação do professor e anotações particulares do docente.- Modelagem das estruturas.

Fonte: Autora, (2020).

Quadro 13. Sequência didática – Aula 6: Impressão em 3D.

Objetivos	<ul style="list-style-type: none">- Conhecer o funcionamento de uma impressora 3D.- Imprimir os modelos produzidos nas aulas anteriores.- Conhecer outros espaços de aprendizagem.
Recursos didáticos	<ul style="list-style-type: none">- Espaço <i>Maker</i> da Unicentro.- Impressora 3D.- Transporte para os alunos.
Encaminhamentos	Nesta aula o professor e os alunos fizeram uma visita técnica com os alunos até o espaço <i>Maker</i> da Unicentro, no campus Cedeteg, bloco da PPGEN (Unicentro), onde os alunos conheceram o processo de impressão em 3D e puderam imprimir os modelos produzidos por eles. Como essa atividade se trata de uma visita técnica o professor realizou esta atividade no contra turno para ter um tempo maior na realização da visitação.
Avaliação	<ul style="list-style-type: none">- Participação dos alunos- Observação do professor e anotações particulares do docente.

Fonte: Autora, (2020).

Quadro 14. Sequência didática - Aulas 7 e 8: Aplicação dos modelos em 3D.

Objetivos	<ul style="list-style-type: none">- Definir embriologia.- Identificar as etapas de formação do embrião e diferenciá-las.- Reconhecer as estruturas embrionárias.- Identificar os tipos diferentes de ovos e suas segmentações.- Observar e identificar os folhetos embrionários e a origem de diferentes partes do corpo.- Relacionar embriologia com as tecnologias de clonagem e células-tronco.
Recursos didáticos	<ul style="list-style-type: none">- Modelos produzidos pelos alunos em 3D.- Livro didático.
Encaminhamentos	Nas aulas 7 e 8 o professor pediu que cada grupo explicasse as estruturas produzidas e impressas pelos alunos. Os educandos explicaram a formação dessa estrutura. Durante a apresentação dos grupos, o docente realizou mediações do conteúdo, complementando, tirando dúvidas e comparando os modelos produzidos com as imagens do livro didático.
Avaliação	<ul style="list-style-type: none">- Participação dos alunos- Observação do professor e anotações particulares do docente.- Produção dos modelos em 3D.

Fonte: Autora, (2020).

Finalizando a sequência didática foram acrescentados os tutoriais na forma de vídeo para o acesso ao site Tinkercad, criação de contas, montagem de salas de aula virtual dentro do site como professor, orientação de como os alunos devem proceder ao acessar o site e a sala virtual, orientação para a criação dos modelos. Outro site abordado nos tutoriais foi o Google sala de aula. Os tutoriais têm a função de orientar o professor a criar a sala de aula virtual, postar atividades e orientar os alunos a acessarem e realizarem as atividades solicitadas.

4.5 Análise dos resultados

Os dados foram obtidos através da observação direta do pesquisador durante a aplicação do projeto, depoimento dos participantes, exercícios realizados pelos alunos durante as aulas e aplicação dos questionários de pré e pós-teste. A análise dos resultados se deu pela análise descritivo-interpretativa dos dados coletados (STANGE, 2018, p. 7) e estes serão mostrados em gráficos mostrando a relação de frequência por nível de resposta. Para cada questão foram extraídos até quatro gráficos diferentes, mostrando a relação de frequência por nível de resposta para o pré e pós-testes das turmas A e B e também a variação dessa frequência. Para estabelecer a frequência foi utilizada a seguinte equação: n° de respostas do conceito $\times 100/n^{\circ}$ total de alunos e para estabelecer a variação da frequência foi utilizado cálculo seguinte: $(\text{Valor do pós-teste}) - (\text{valor do pré-teste}) \times 100/ (\text{valor do pré-teste})$. Se o

resultado desse cálculo ultrapassar 100% então o mesmo é dividido por 100 para permanecer em uma variação de 0 a 100% (STANGE, 2018, p. 208).

De acordo com Finkel²¹ (2008, apud STANGE, MOREIRA e VILLAGRÁ, 2018 p. 182) a utilização de pré e pós teste em pesquisas sobre alternativas metodológicas de ensino em relação as aulas tradicionais “[...] traz, em si, o compilador de se poder realizar tabulações sobre respostas dissertativas em questionários de respostas abertas”. Stange, Moreira e Villagrà (2018, p. 182) ressalta ainda que a maior preocupação se dá em evidenciar a eficiência das respostas em relação ao objetivo pretendido com a metodologia diferenciada uma vez que a correção das respostas dissertativas se constitui em aspectos subjetivos. Sendo assim são necessários parâmetros prévios de análise.

O objetivo geral, a partir desta proposta de instrumento estrutural referente a análises em questionários tipo pré e pós-testes de perguntas com respostas dissertativas abertas é o de melhor propiciar condições de análise descritivo interpretativa, ponderando as variáveis dependentes e as independentes na proposta de um instrumento tipo questionário. Em relação às variáveis dependentes, consideram-se neste modelo proposto: o conteúdo do enunciado da questão; os objetivos em se fazer a questão ao aluno no teste; a resposta considerada ideal formulada pelo professor a partir de revisões da literatura; os conceitos necessários para se considerar as respostas dos alunos; as relações integradoras a partir destes conceitos; e, os possíveis procedimentos para a resposta. Em relação às variáveis independentes, de modo preditivo consideram-se as dificuldades de conteúdos (incluindo conhecimentos prévios) e de procedimentos esperadas em pré-teste e em pós-teste. (STANGE, MOREIRA e VILLAGRÁ., 2018, p.182).

Tendo em vista as variáveis acima mencionadas, Stange, Moreira e Villagrà (2018, p. 182) dizem que a correção das respostas estrutura-se nos conceitos necessários para a elaboração das respostas e cabe ao pesquisador comparar as respostas escritas pelos alunos com o objetivo e a resposta ideal para cada questão. Sendo assim o pesquisador verifica se os objetivos foram atingidos e em qual nível de acordo com os parâmetros prévios para a correção descritos nos quadros de nº 2 a 9 da metodologia deste trabalho.

[...] A composição dos descritores tem por critério os conceitos necessários e se a redação do aluno permite identificar elementos que evidenciem que este demonstra ter conhecimentos sobre o conteúdo em linguagem coerente para uma resposta. (STANGE, MOREIRA e VILLAGRÁ, 2018, p.183).

Stange (2018, p. 210) ressalta que as análises dos dados obtidos a partir da comparação entre o pré e o pós-teste “[...] permitem depreender movimentos indicativos de aprendizagem, com possibilidade de assimilação de conceitos e de compreensão de conteúdos

²¹ FINKEL, D. **Dar classe com la boca cerrada**. Tradução de Óscar Barberá. Valencia: Universitat de Valencia, 2008.

e temas.” Sendo assim partindo desses dados é possível traçar um perfil que pode ser por grupos de alunos, individual ou no total de participantes (STANGE, 2018, p. 210).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A pesquisa foi aplicada em duas turmas de 1º série do ensino médio. Na turma A, a controle, foi aplicada a metodologia tradicional e na turma B, a experimental, a metodologia com modelos impressos em 3D. Os dados foram coletados por meio de questionários de pré-teste e de pós-teste em delineamento experimental que tem como objetivo comparar as mudanças conceituais após a aplicação do projeto, comparando as duas metodologias. Além dos questionários foram utilizadas as observações e anotações que o professor realizou durante a aplicação do projeto, constituindo o diário de bordo do pesquisador e também os relatos realizados pelos alunos.

As questões do pré-teste foram as mesmas nas duas turmas e no pós-teste foram usadas as mesmas questões do pré-teste e acrescentadas perguntas conforme a metodologia aplicada em cada turma. Esses fatores orientaram a análise dos resultados apresentados a seguir.

5.1. Análises do pré-teste e do pós-teste.

Durante a aplicação do pré-teste 29 alunos participaram na turma A e 27 alunos na turma B, totalizando 56 alunos. A participação no pós-teste foi menor, 24 alunos na turma A e 24 na turma B, sendo 48 alunos participantes.

Questão 1 (utilizada nos questionários de pré e pós-teste para as duas turmas).

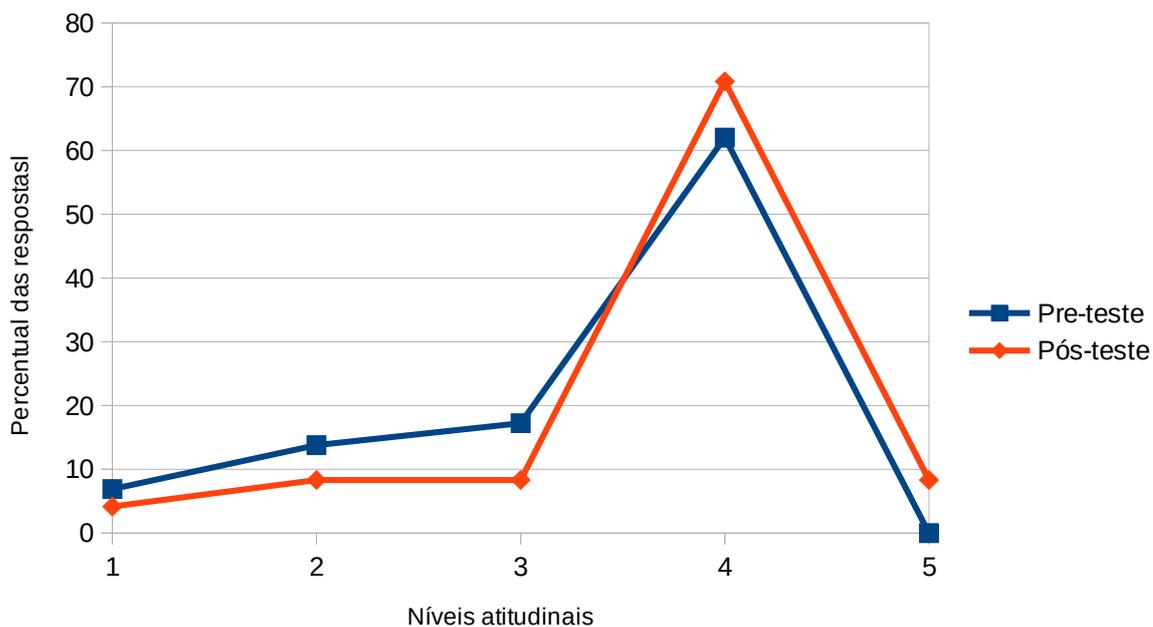
Na sua opinião, o que estuda a embriologia?

Objetivos para a questão: Identificar o conhecimento prévio do aluno sobre embriologia, se o aluno reconhece o objeto de estudo da embriologia.

Resposta considerada ideal: área da Biologia que estuda o processo de formação do embrião a partir de uma única célula, o zigoto, que originará um novo ser vivo.

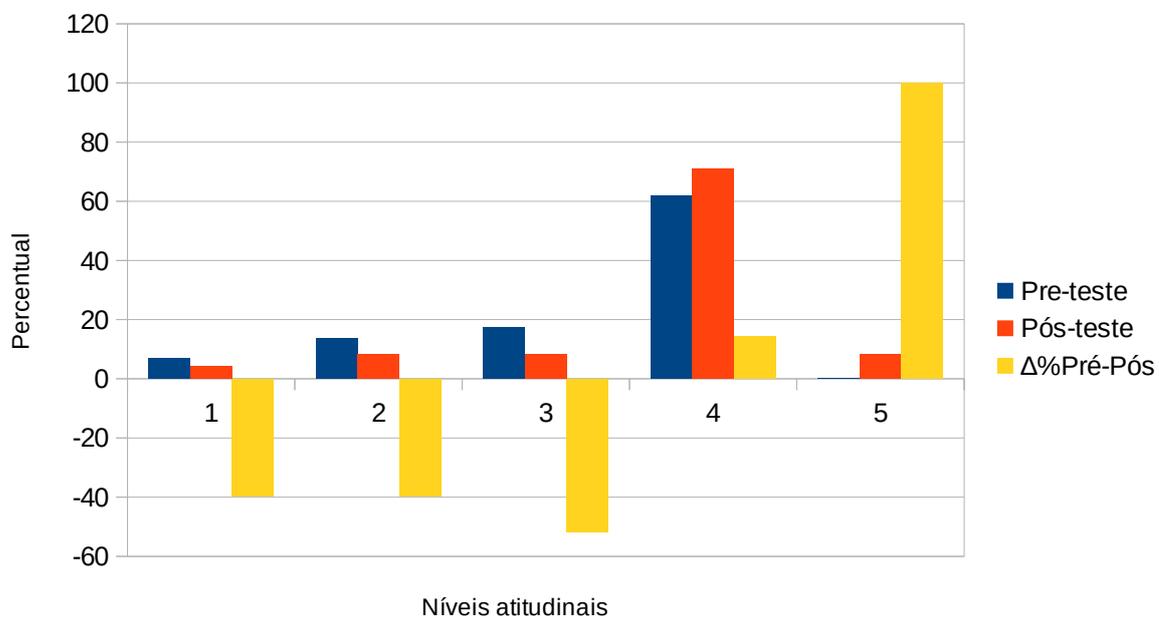
Conceitos necessários: célula, formação de um novo ser, reprodução e fecundação.

Gráfico 1. Percentual de respostas por nível atitudinal da turma A para a questão nº 1.



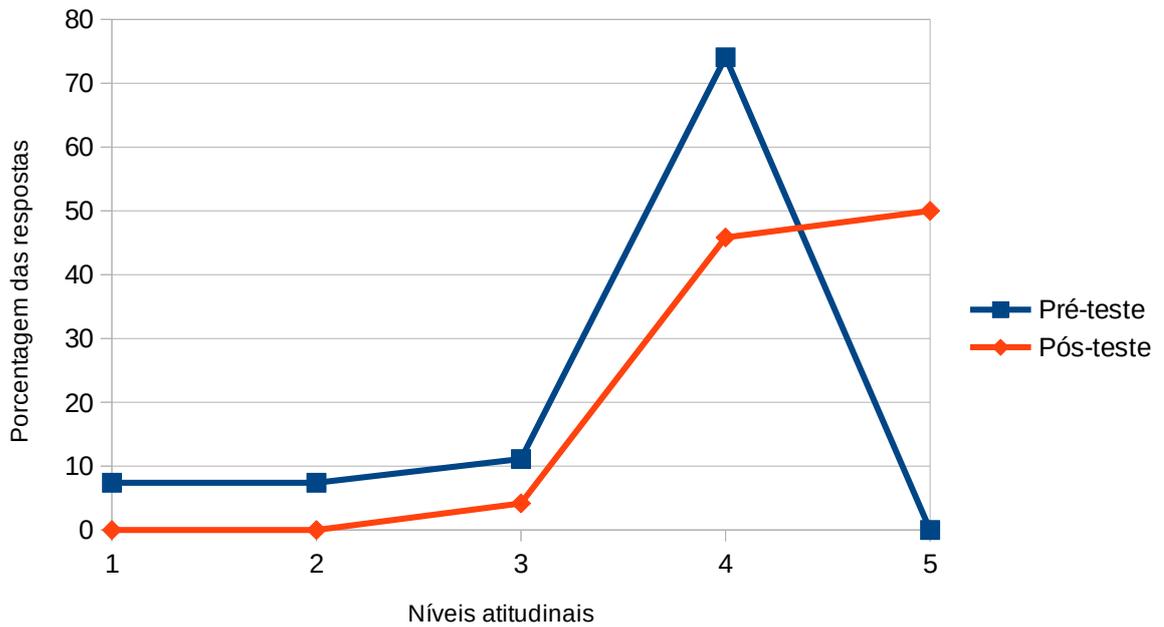
Fonte: Autora, (2020).

Gráfico 2. Percentual de respostas e a variação do percentual entre pré e pós-teste por níveis atitudinais da turma A para a questão 1.



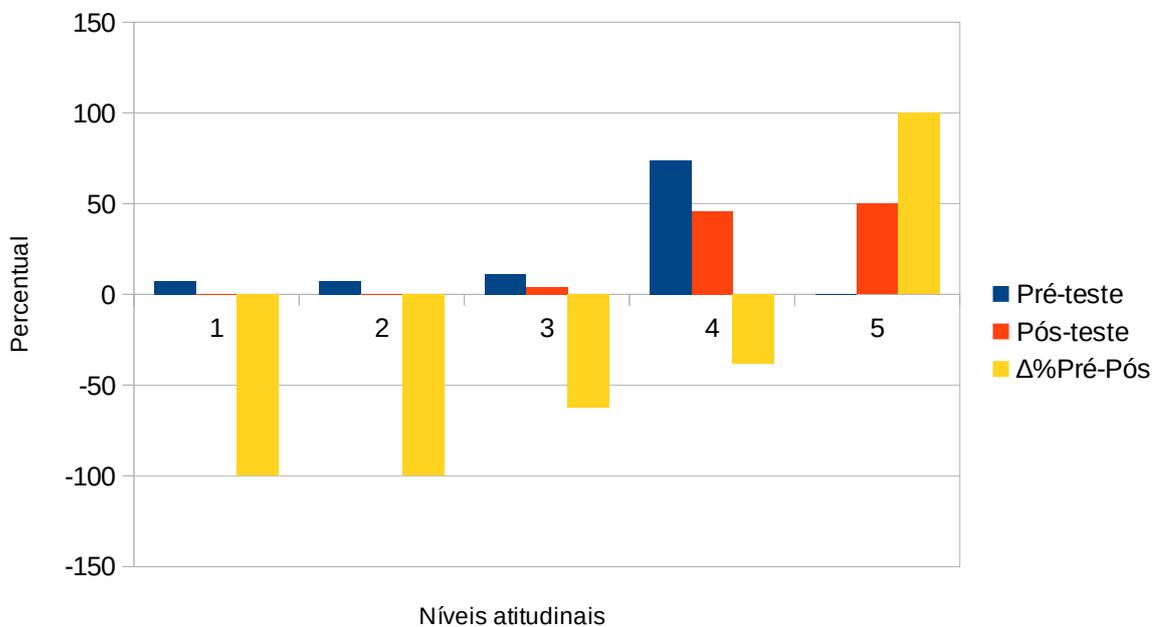
Fonte: Autora, (2020).

Gráfico 3. Percentual de respostas por nível atitudinal da turma B para a questão nº 1.



Fonte: Autora, (2020).

Gráfico 4. Percentual de respostas e a variação do percentual entre pré e pós-teste por níveis atitudinais da turma B para a questão 1.



Fonte: Autora, (2020).

O resultado mostra que os alunos possuem um conhecimento básico sobre o que a embriologia estuda. No pré-teste, nenhum aluno respondeu atingindo o nível 5, mostrando que a maioria sabe o que é um embrião e que a embriologia estuda o seu desenvolvimento, não associam esse desenvolvimento a partir de uma única célula. Essa situação mudou no pós-teste, principalmente na turma B, que teve a metodologia de construção dos modelos embrionários em 3D.

Na turma A percebeu-se que os alunos aumentaram o nível de compreensão. No pós-teste houve uma diminuição nas porcentagens para os níveis 1, 2 e 3 e aumento nas porcentagens para o nível 4 e 5. Na turma B essa diferença foi maior, os alunos saíram dos níveis atitudinais 1 e 2 para os níveis 3, 4 e 5 no pós-teste, sendo que 50% atingiu o nível 5. Esses números mostram que houve aquisição de conceitos para aprendizagem significativa crítica nas duas turmas o rendimento da turma B foi maior.

Para que ocorra aprendizagem o professor deve sempre considerar os conhecimentos prévios dos alunos, por isso saber o objeto de estudo da embriologia é o início deste processo. Ausubel²² (1982, apud KLAUSEN, 2017 p. 6404), em sua teoria da aprendizagem defende a valorização dos conhecimentos prévios dos alunos viabilizando uma aprendizagem eficaz e significativa.

Questão 2 (utilizada nos questionários de pré e pós-teste para as duas turmas).

Como você imagina a formação de um bebê, desde a fecundação?

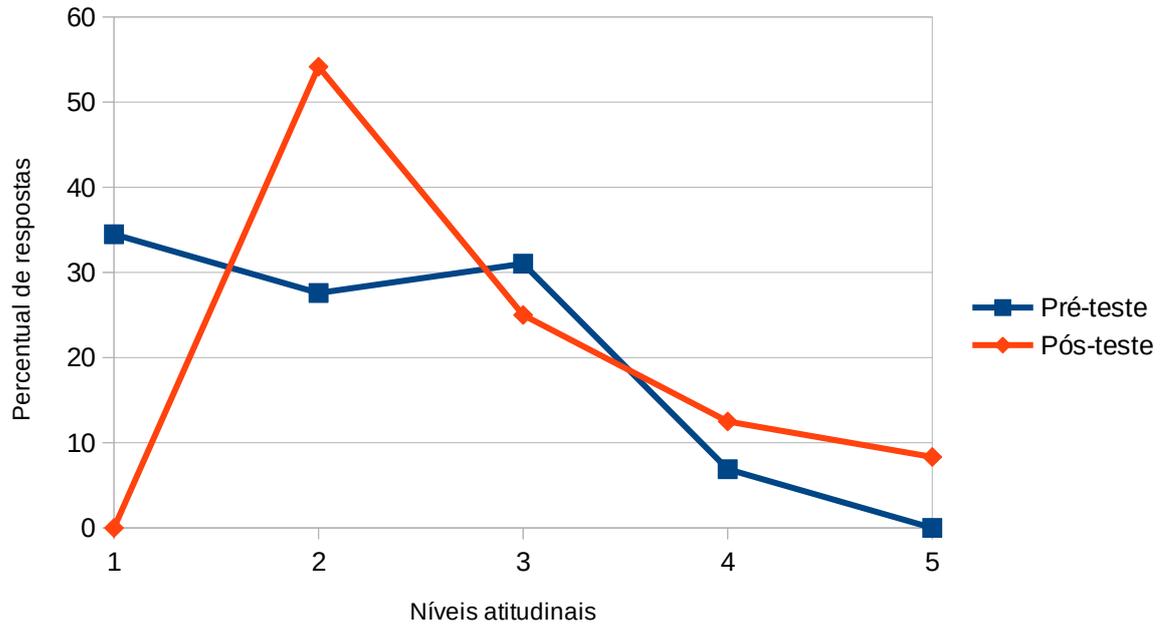
Objetivos para a questão: Reconhecer as etapas de formação do embrião, diferenciação celular. Identificar os folhetos embrionários e organogênese.

Resposta considerada ideal: O desenvolvimento embrionário é o período compreendido entre a fecundação e o nascimento, no ser humano, ocorre de modo contínuo mas podem ser distinguidos dois períodos, o período embrionário e o fetal. Durante o desenvolvimento embrionário, formam-se estruturas que originarão os tecidos embrionários e os diferentes órgãos do indivíduo.

Conceitos necessários: Definição de embrião. Etapas e definição da embriologia. Gestação. Fecundação.

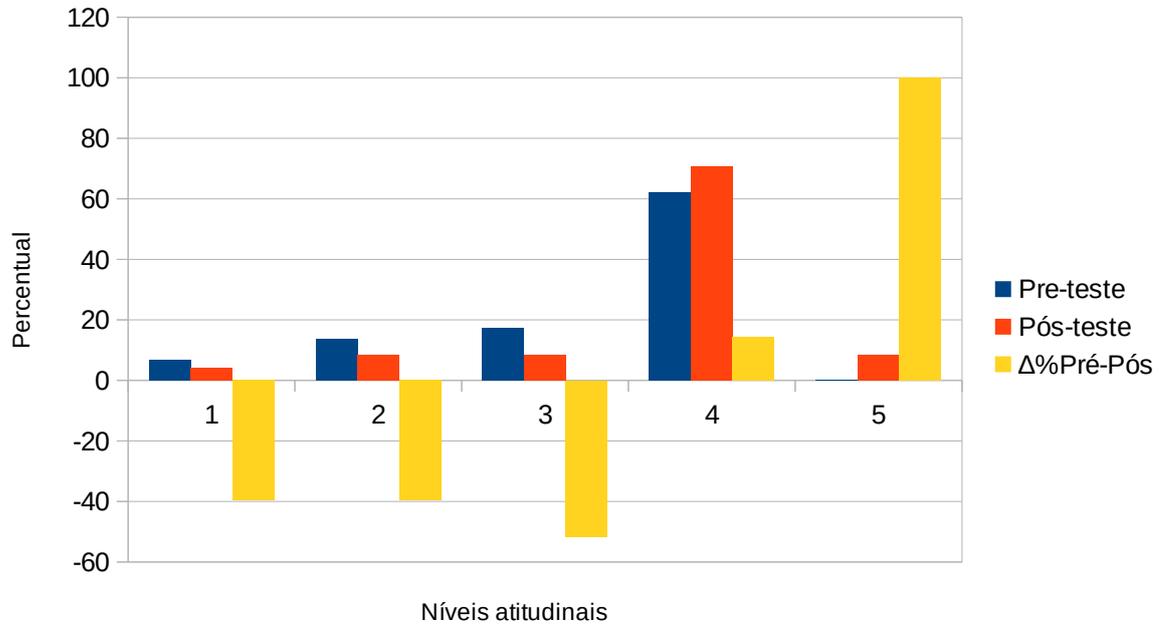
²² AUSUBEL, D. P. A Aprendizagem Significativa: a teoria de David Ausubel. São Paulo, Moraes, 1982.

Gráfico 5. Percentual de respostas por nível atitudinal da turma A para a questão nº 2.



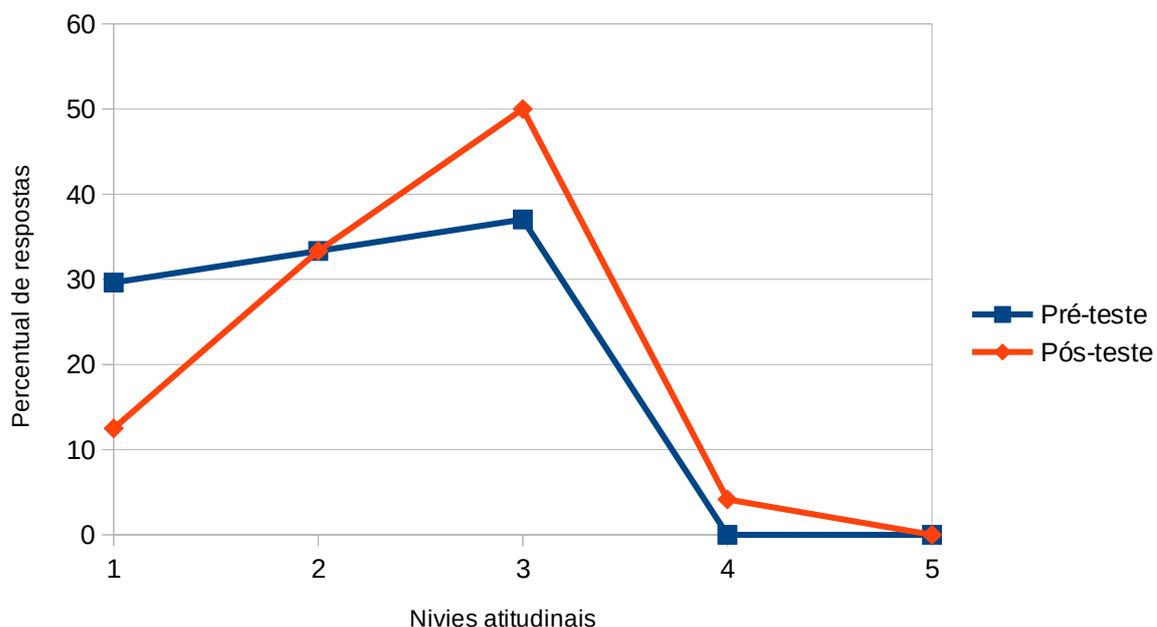
Fonte: Autora, (2020).

Gráfico 6. Percentual de respostas e a variação do percentual entre pré e pós-teste por níveis atitudinais da turma A para a questão 2.



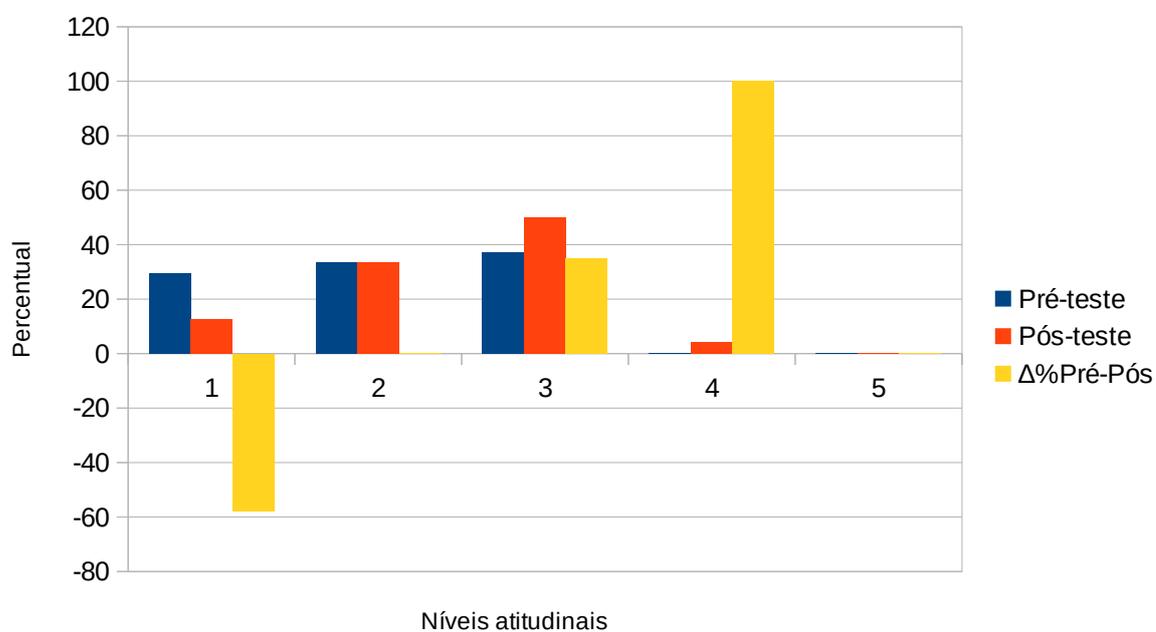
Fonte: Autora, (2020).

Gráfico 7. Percentual de respostas por nível atitudinal da turma B para a questão nº 2.



Fonte: Autora, (2020).

Gráfico 8. Percentual de respostas e a variação do percentual entre pré e pós-teste por níveis atitudinais da turma B para a questão 2.



Fonte: Autora, (2020).

Essa questão tem por objetivo investigar o entendimento do aluno sobre a formação de um novo ser desde a sua concepção, se o aluno tem noção básica sobre como ocorre o desenvolvimento embrionário. Para Salmito-Vanderley e Santana (2015, p. 11) a embriologia “possui um papel unificador” por ser um conteúdo fundamental para a compreensão da origem e formação dos tecidos, órgãos e sistemas de um organismo, tais conhecimentos, para Salmito-Vanderley e Santana (2015, p.11), “[...] ajuda no embasamento estrutural que integra a biologia celular e molecular, fisiologia, anatomia, histologia, imunologia, biologia evolutiva e até ecologia”. Sendo assim o aluno precisa ter o conhecimento correto sobre o desenvolvimento embrionário e seus desdobramentos para compreender as outras áreas da Biologia.

Por meio dos resultados obtidos no pré-teste observa-se que os alunos possuem um conhecimento superficial sobre o desenvolvimento embrionário. Isso se nota através da alta porcentagem de alunos que se encontravam no nível 1 da escala atitudinal, onde não apresentavam qualquer tipo de conhecimento sobre os conceitos abordados. Outro indício é o número elevado de alunos no nível 2, que demonstram ter poucos conceitos sobre o assunto, limitando-se apenas a escrever que era o desenvolvimento do bebê através da divisão das células.

No pós-teste observa-se que os alunos adquiriram um maior grau de abstração sobre esse assunto. Na turma A é possível ver que os o nível mínimo da escala atitudinal é o 2, melhorando em relação ao pré-teste, onde muitos alunos estavam no nível 1. Nessa turma observa-se também que alguns alunos estão no nível 5, onde houve a aquisição de todos os conceitos. Na turma B não houve alunos com resposta que tenha atingido o último nível, a maioria dos alunos se encontra no nível 3 onde citaram a diferenciação celular.

É possível observar o aumento nos percentuais do pós-teste em relação aos níveis atitudinais 3, 4 e 5 nas duas turmas, mostrando que os alunos estão aumentando sua compreensão em relação aos conceitos de embriologia, superando obstáculos epistemológicos.

Questão 3 (utilizada nos questionários de pré e pós-teste para as duas turmas).

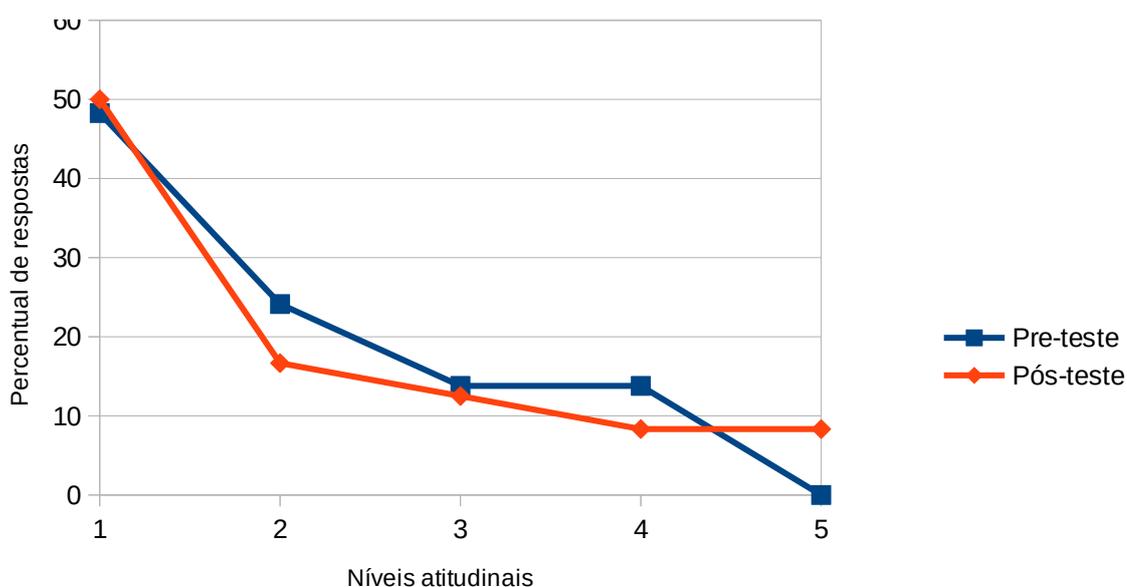
Sabemos que os seres vivos se desenvolvem a partir de uma única célula. No caso dos animais, essa célula se forma após a fecundação dos gametas, formando a célula-ovo. Como você acha que um ser pluricelular, com células diferentes, se desenvolve a partir de uma única célula? Como você explica a diferenciação celular e formação dos tecidos e órgãos no novo ser?

Objetivos para a questão: Identificar a fecundação, formação da célula-ovo e a diferenciação celular para a formação de um novo indivíduo, reconhecendo a origem genética.

Resposta considerada ideal: O núcleo do espermatozoide se une com o núcleo do ovócito, formando a célula-ovo. Essa célula irá se dividir em várias células. Esse processo acontece durante o desenvolvimento embrionário. Ao longo do crescimento embrionário alguns genes são ativados e outros desativados. Dessa maneira surge a diferenciação celular, ou seja, tipos celulares com formatos e funções distintos, que organizam os diversos tecidos e posteriormente formarão os órgãos.

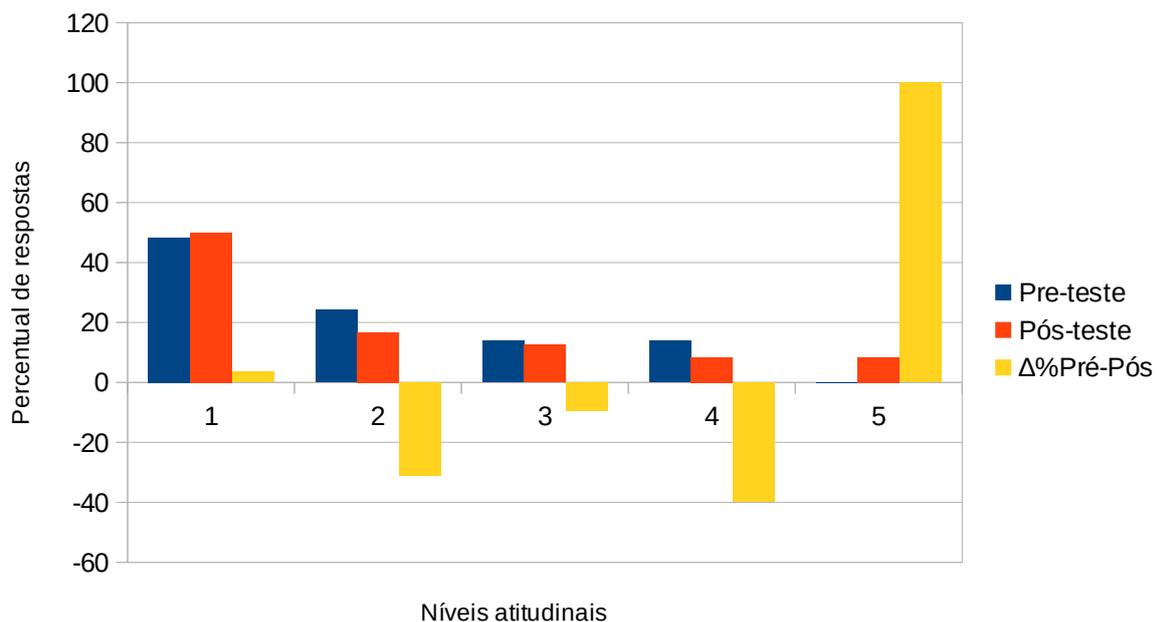
Conceitos necessários: célula, formação de um novo ser, reprodução, fecundação, diferenciação celular, tecidos, sistemas e organização do ser vivo.

Gráfico 9. Percentual de respostas por nível atitudinal da turma A para a questão nº 3.



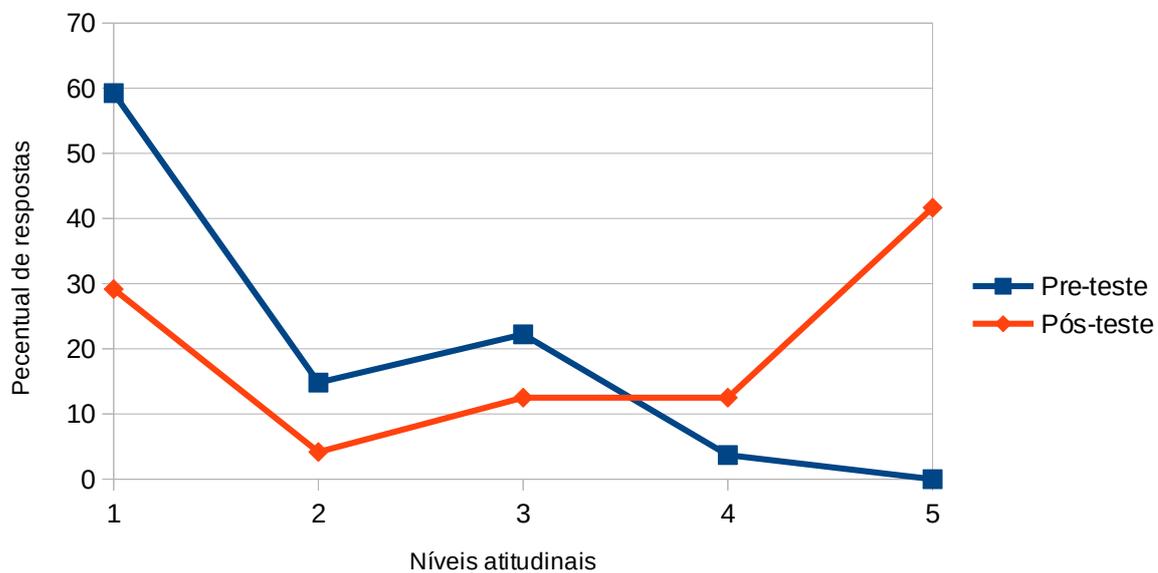
Fonte: Autora, (2020).

Gráfico 10. Percentual de respostas e a variação do percentual entre pré e pós-teste por níveis atitudinais da turma A para a questão 3.



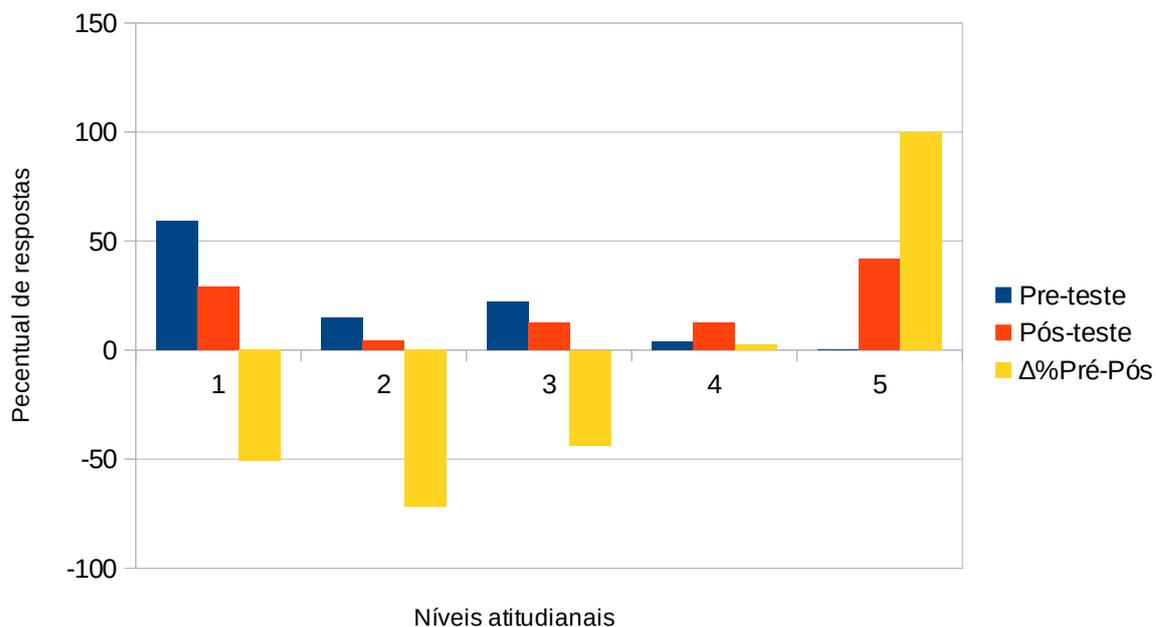
Fonte: Autora, (2020).

Gráfico 11. Percentual de respostas por nível atitudinal da turma B para a questão nº 3.



Fonte: Autora, (2020).

Gráfico 12. Percentual de respostas e a variação do percentual entre pré e pós-teste por níveis atitudinais da turma B para a questão 3.



Fonte: Autora, (2020).

A questão três exigiu conhecimento mais específico sobre o tema, versando sobre a questão de ativação dos genes na diferenciação celular, sendo que o objetivo para essa pergunta era investigar se o aluno faz a relação entre o DNA; que é o mesmo em todas as células de um organismo; e a produção de diferentes tipos de células e tecidos.

Para a construção de qualquer tipo de conhecimento é necessária uma base que se amplia para a construção de conhecimentos mais complexos. A embriologia é a base da Biologia, o começo de tudo. Para o entendimento amplo em genética e expressão gênica, por exemplo, é fundamental a aquisição dos conceitos de diferenciação celular que ocorrem durante o desenvolvimento embrionário, sendo essa a base para a construção desse conteúdo.

Iniciamos nossa vida como uma célula única: um óvulo fertilizado, também chamado de zigoto. Durante o desenvolvimento, esta célula divide-se repetidamente, produzindo muitas outras células, diferentes entre si, que se organizam de forma complexa e espetacular até formar o corpo do ser humano. O corpo humano possui mais de 200 tipos celulares diferentes, com funções e formas diversas. Sabendo que todas elas se originaram de uma única célula inicial e, portanto, possuem o mesmo genoma, você pode se perguntar: como elas se tornaram tão diferentes? Bem, as células diferem não porque contenham informações genéticas diferentes, mas porque expressam conjuntos diferentes de genes. Esta expressão gênica diferenciada controla os quatro processos essenciais para que aquela célula inicial origine um embrião perfeito. São eles: 1. proliferação celular, ou seja, a produção de muitas células a partir de uma; 2. especialização celular, gerando células com características

diversas (pois expressam diferentes conjuntos de genes), em diferentes posições do corpo; 3. interações entre células, o que permite a coordenação do comportamento de uma célula em relação ao de suas vizinhas; 4. movimentos celulares, possibilitando a organização próxima das células com características comuns ou afins para formar tecidos e órgãos. (MELLO, 2016, p.40).

A análise das respostas no pré-teste mostrou que muitos alunos não possuíam o mínimo de conceitos necessários para esse aspecto da embriologia, muitos estudantes nem responderam a essa questão. Isso se observou nas duas turmas.

No pós-teste pode-se observar melhora na aquisição desses conceitos. Nas duas turmas encontrou-se estudantes que atingiram o nível 5 da escala atitudinal, com aquisição e conhecimento dos conteúdos sendo que na turma B a porcentagem de alunos com esse nível foi maior que na turma A.

Questão 4 (utilizada nos questionários de pré e pós-teste para as duas turmas).

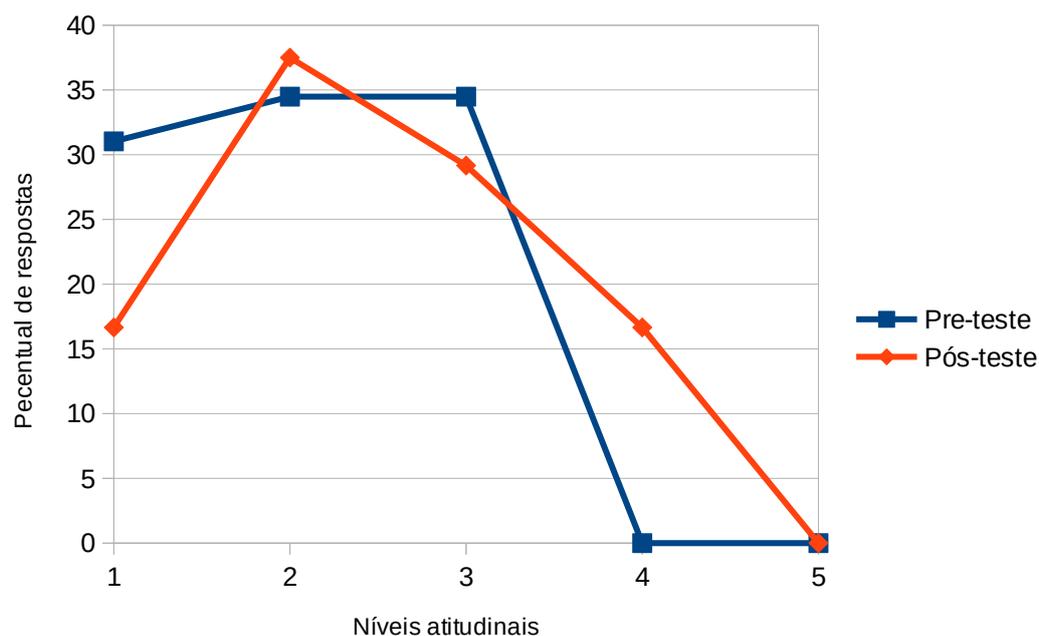
Todos os animais possuem o mesmo desenvolvimento embrionário? Quais diferenças existem entre a embriologia humana e dos outros animais? E quais semelhanças você pode perceber?

Objetivos para a questão: Reconhecer as etapas de formação do embrião, diferenciação celular. Identificar os tipos de ovos de acordo com a quantidade de vitelo e sua segmentação.

Resposta considerada ideal: Os animais possuem desenvolvimentos embrionários diferentes, começando com os tipos de óvulos que são diferentes na quantidade de vitelo e conseqüentemente possuirão segmentações diferentes. Existem, semelhanças nos desenvolvimentos embrionários, principalmente entre os mamíferos, uma vez que existe um ancestral comum. Uma das semelhanças que se pode citar é a formação dos folhetos embrionários.

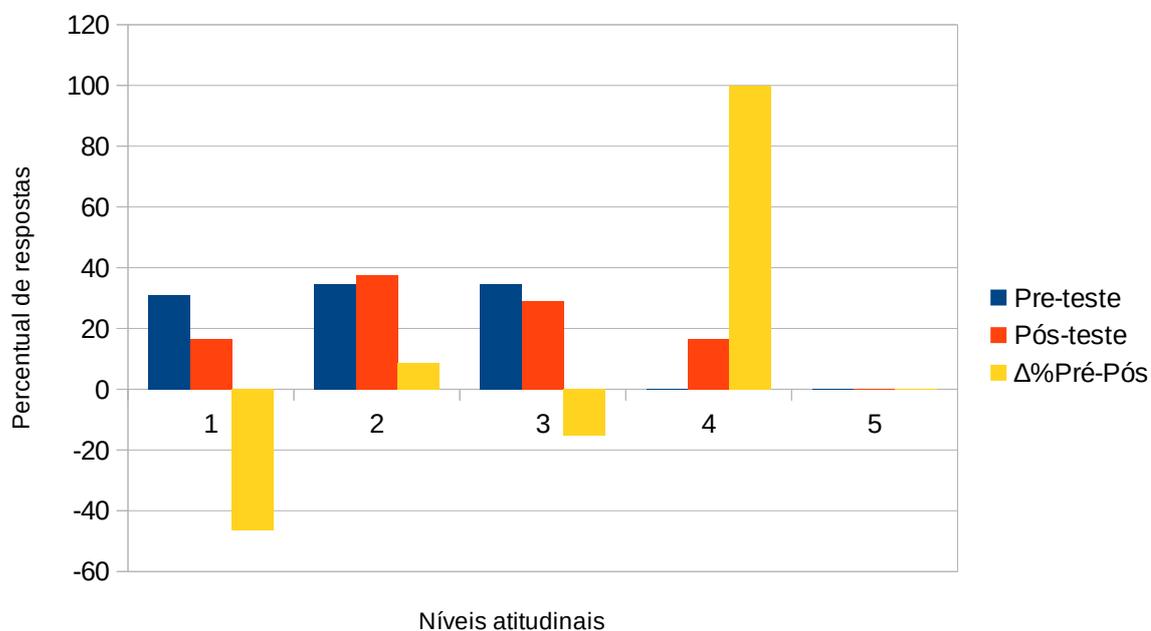
Conceitos necessários: Definição de embrião. Etapas e definição da embriologia. Tipos de ovos, vitelo, segmentação.

Gráfico 13. Percentual de respostas por nível atitudinal da turma A para a questão nº 4



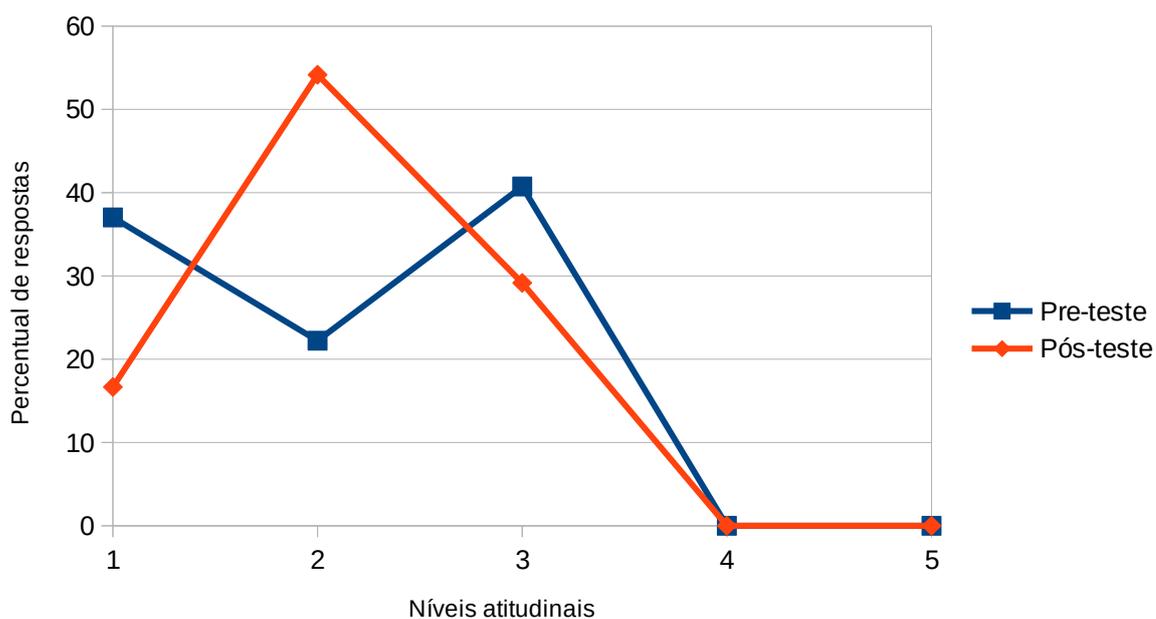
Fonte: Autora, (2020).

Gráfico 14. Percentual de respostas e a variação do percentual entre pré e pós-teste por níveis atitudinais da turma A para a questão 4.



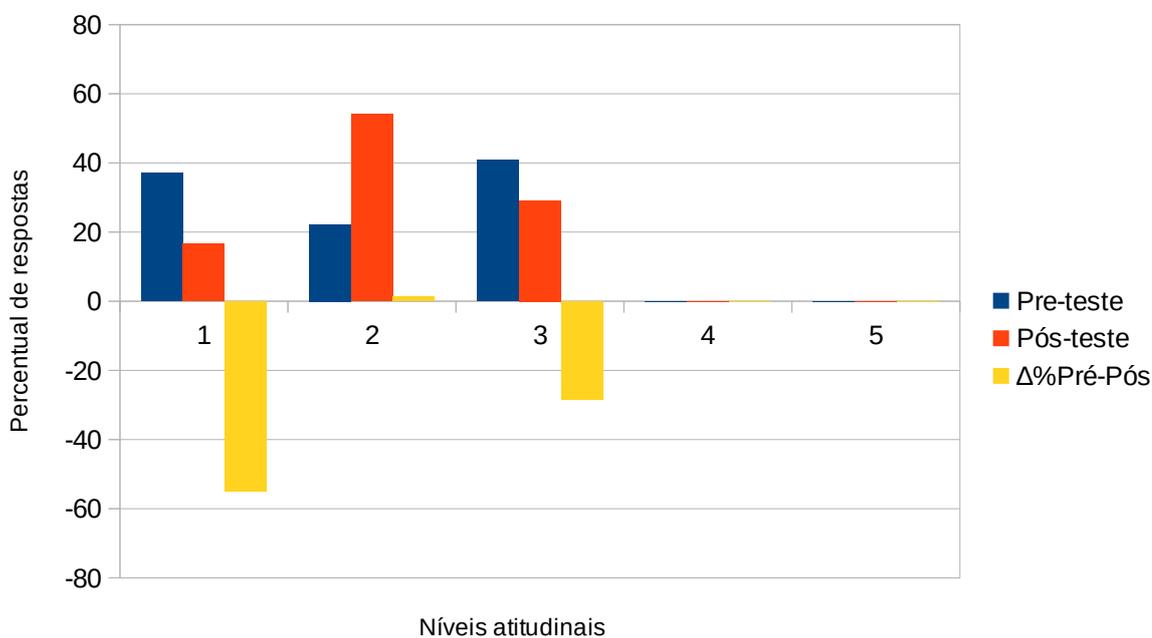
Fonte: Autora, (2020).

Gráfico 15. Percentual de respostas por nível atitudinal da turma B para a questão nº 4.



Fonte: Autora, (2020).

Gráfico 16. Percentual de respostas e a variação do percentual entre pré e pós-teste por níveis atitudinais da turma B para a questão 4.



Fonte: Autora, (2020).

A questão 4 investiga se o aluno possui o conhecimento sobre os tipos de ovos, segmentação e diferenciação celular. Essa questão exige compreensão de conhecimentos

relacionados à evolução, ancestral comum e filogenia. Integrando todas essas faces da biologia para a construção desses conceitos.

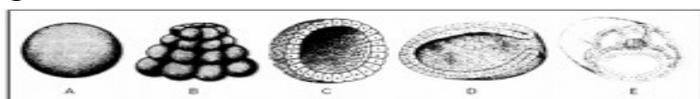
Observando os gráficos da turma A foi possível observar que 16,66% da turma atingiu o nível 4 e nenhum aluno atingiu o nível 5 no pós-teste. A porcentagem do nível 2 e 4 aumentaram no pós-teste, mostrando que os alunos que se encontravam no nível 1 superaram obstáculos de aprendizagem e adquiriram conceitos para o nível 2, assim como alunos que se encontravam no nível 3 no pré-teste e no nível 4 no pós-teste, evidenciando a aprendizagem.

Na turma B nenhum aluno atingiu o nível 4 ou o 5 no pós-teste, mas foi possível observar um aumento da porcentagem no nível 2. Essa análise aponta que os alunos da turma B adquiriram conceitos para a aprendizagem, que não se dá pelo acúmulo dos mesmos. O conhecimento novo se dá superando o conhecimento anterior, caracterizando ampliação na compreensão dos conceitos.

Questão 5 (utilizada nos questionários de pré e pós-teste para as duas turmas).

Nas aulas de Biologia vimos vídeos (organizadores prévios) com as fases iniciais do desenvolvimento embrionário do anfioxo. Essas fases (zigoto, mórula, blástula, gástrula e nêurula) estão representadas na figura abaixo.

Figura 3. Estruturas embrionárias do anfioxo.



Fonte: <https://descomplica.com.br/blog/materiais-de-estudo/biologia/questoes-comentadas-embriogenese/>

Essas fases acontecem no desenvolvimento embrionário do ser humano, da mesma forma que no desenvolvimento embrionário do anfioxo? Que relação é possível estabelecer entre o desenvolvimento embrionário do anfioxo e do ser humano?

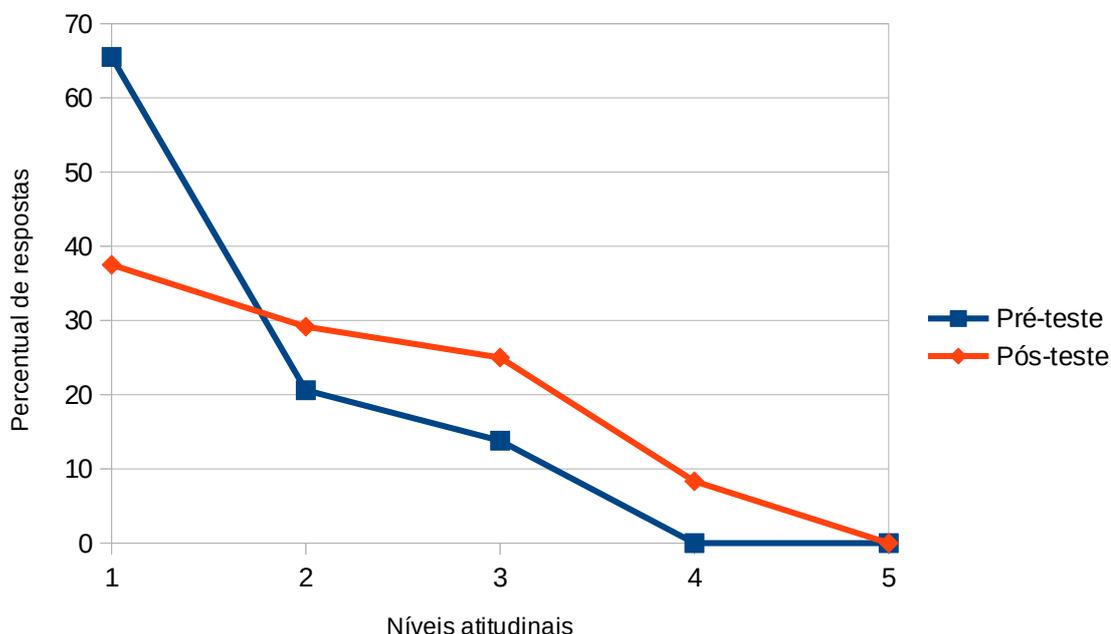
Objetivos para a questão: Reconhecer as etapas de formação do embrião, segmentação, diferenciação celular. Formação dos folhetos embrionários e organogênese.

Resposta considerada ideal: Na espécie humana as principais fases do desenvolvimento do embrião são a clivagem ou segmentação, gastrulação e organogênese. Durante a clivagem as divisões mitóticas são rápidas e dão origem as células chamadas blastômeros. Diante da velocidade com que as células se dividem, o embrião apresenta aumento do número delas, mas não de tamanho. O primeiro estágio da clivagem é a mórula, um maciço celular originado entre o terceiro e quarto dia após a fecundação. Na segunda e última etapa ocorre a blástula,

onde as células delimitam uma cavidade interna chamada blastocele, cheia de um líquido produzido pelas próprias células. Até a fase de blástula as células embrionárias são chamadas de células-tronco, que podem originar todos os diferentes tipos de célula do corpo. A partir da blástula, inicia a fase de gastrulação, onde o embrião começa a aumentar de tamanho e surge o intestino primitivo ou arquêntero e ocorre a diferenciação dos folhetos germinativos ou embrionários. Os folhetos darão origem aos diferentes tecidos do corpo e se dividem em ectoderme, endoderme e mesoderme. Ao final da gastrulação, o embrião é chamado de gástrula. A última fase do desenvolvimento embrionário é a organogênese, onde ocorre a diferenciação dos tecidos e órgãos. O primeiro estágio dela é a neurulação, quando há formação do tubo neural, que se diferenciará no sistema nervoso central. Durante a neurulação, o embrião recebe o nome de nêurula. O desenvolvimento embrionário do anfioxo possui as mesmas fases, tendo como diferenças, os tipos de ovo, as clivagens e formação dos blastômeros.

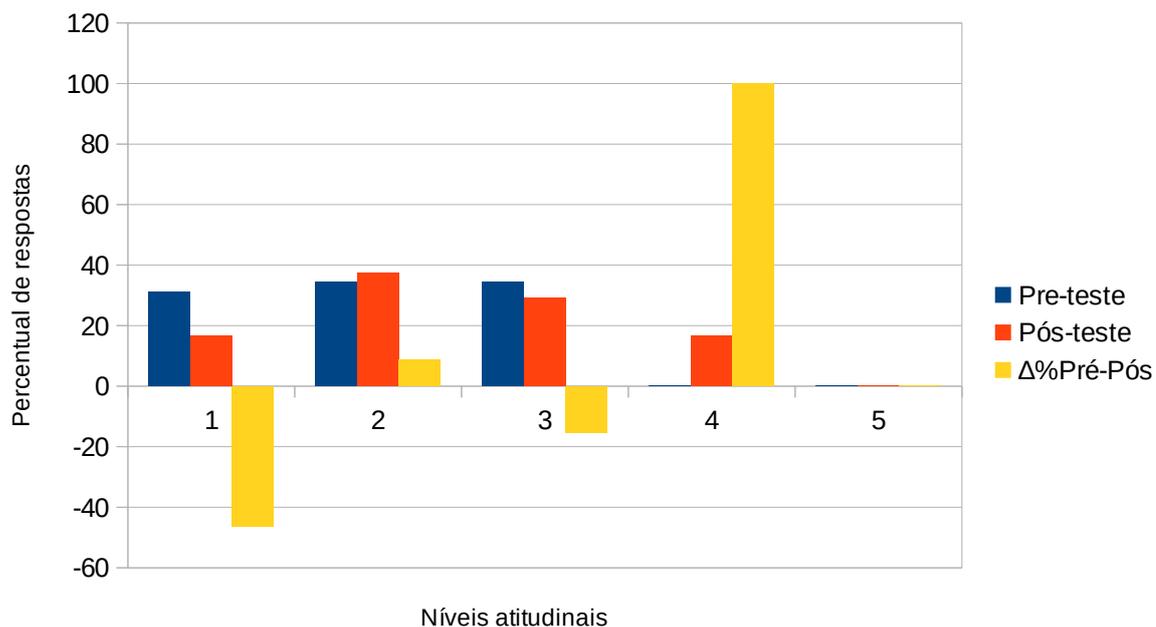
Conceitos necessários: Etapas da formação do embrião, divisão celular, fecundação. Segmentação.

Gráfico 17. Percentual de respostas por nível atitudinal da turma A para a questão nº 5.



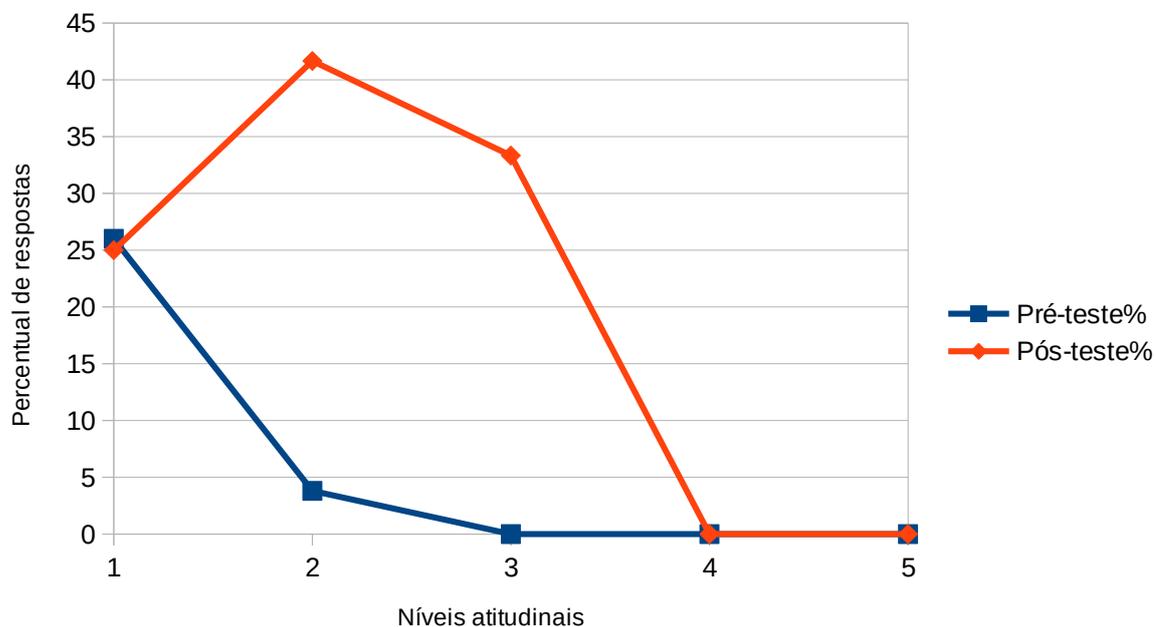
Fonte: Autora, (2020).

Gráfico 18. Percentual de respostas e a variação do percentual entre pré e pós-teste por níveis atitudinais da turma A para a questão 5.



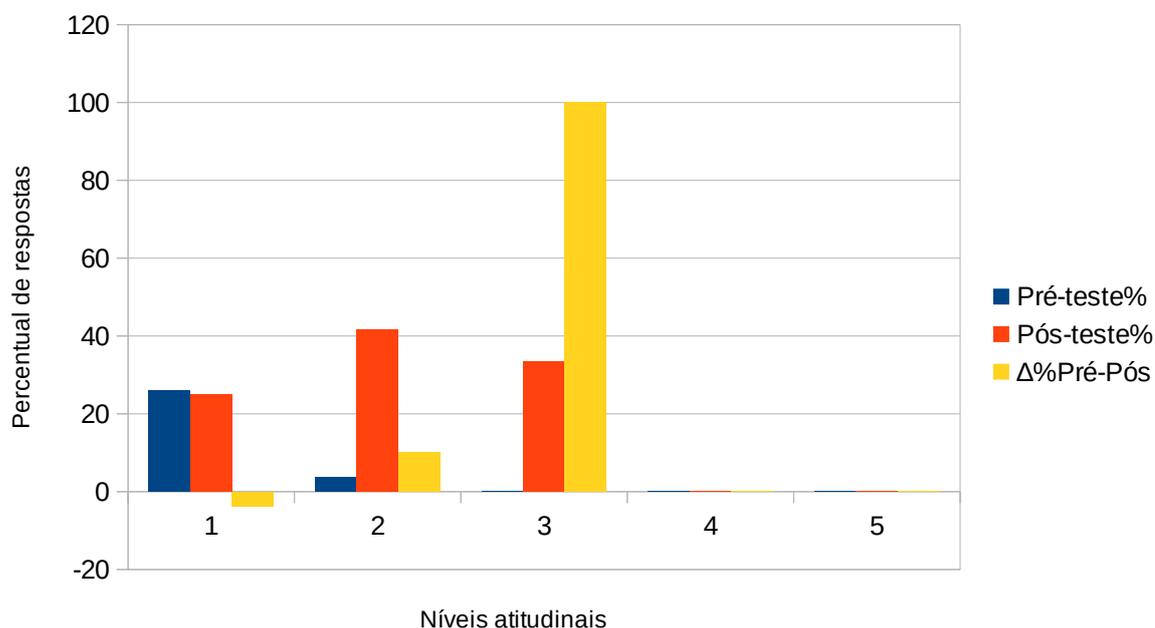
Fonte: Autora, (2020).

Gráfico 19. Percentual de respostas por níveis atitudinais da turma B para a questão 5.



Fonte: Autora, (2020).

Gráfico 20. Percentual de respostas e a variação do percentual entre pré e pós-teste por níveis atitudinais da turma B para a questão 5.



Fonte: Autora, (2020).

A questão 5 explora as estruturas embrionárias e suas formas, relacionando o desenvolvimento do anfioxo com o desenvolvimento humano, estabelecendo semelhanças e diferenças entre os desenvolvimentos embrionários. Os gráficos da turma A mostra que houve aumento nas porcentagens dos níveis 2, 3 e 4 no pós-teste, mostrando que houve aquisição de conceitos. Na turma B não houve alunos que atingiram os níveis 4 ou 5, mas a variação de porcentagem para os níveis 2 e 3 foram expressivas, mostrando que os alunos superaram obstáculos de aprendizagem como ideias preconcebidas e infundadas que impediam os alunos de criarem modelos funcionais das estruturas embrionárias, caracterizando aprendizagem significativa crítica.

Questão 6 (utilizada nos questionários de pré e pós-teste para as duas turmas).

O estudo dos conceitos de embriologia auxiliam na compreensão de outras áreas da Biologia, como evolução e taxonomia animal. De que maneira você compreende essa relação, entre a embriologia, evolução e taxonomia animal?

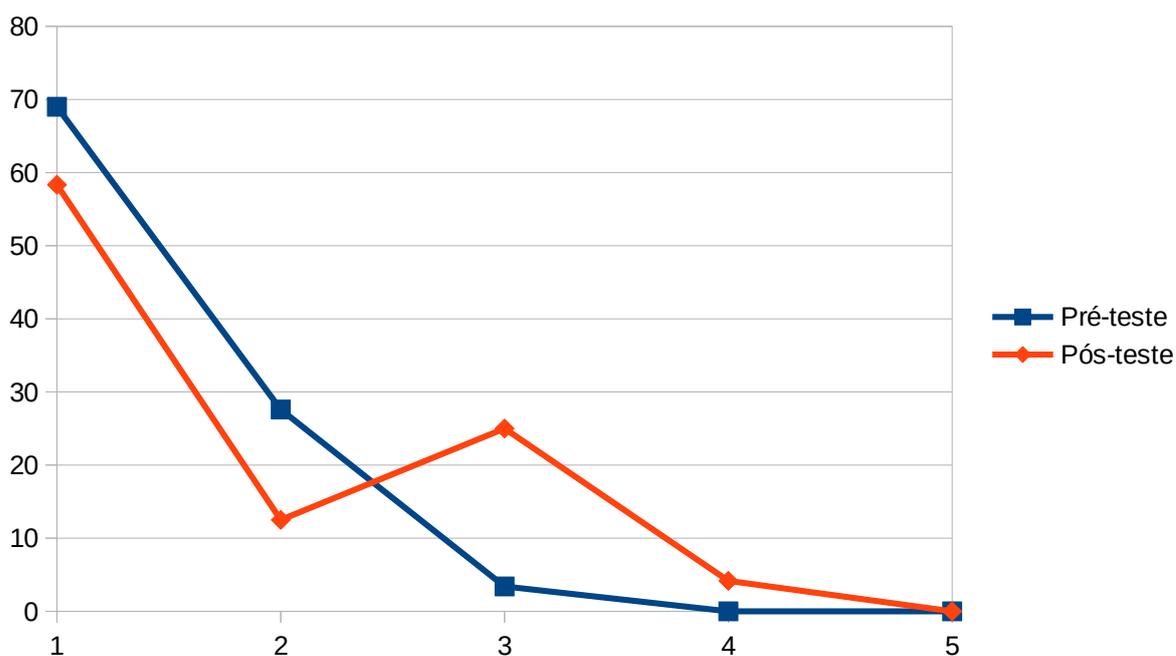
Objetivos para a questão: Reconhecer mecanismos de transmissão da vida, prevendo ou explicando a manifestação de características dos seres vivos. Compreender o papel da evolução na produção de padrões, processos biológicos ou na organização taxonômica dos

seres vivos. Identificar as estruturas embriológicas, folhetos embrionários como critérios taxonômicos. Relacionar as diferentes áreas da Biologia.

Resposta considerada ideal: Durante o desenvolvimento embrionário formam-se folheto embrionários e presença ou ausência de celoma. Forma-se também o arquêntero (intestino primitivo) e o blastóporo (abertura do arquêntero). Essas estruturas são usadas para a classificação taxonômica do reino animal dentro dos filos: como Diblástico ou Triblástico (dois ou três folhetos embrionários); Acelomado, Pseudocelomado ou Celomado (referente a presença de celoma, que é relacionado com a mesoderme); Protostômio ou Deuterostômio (quando o blastóporo dá origem a boca ou ao ânus).

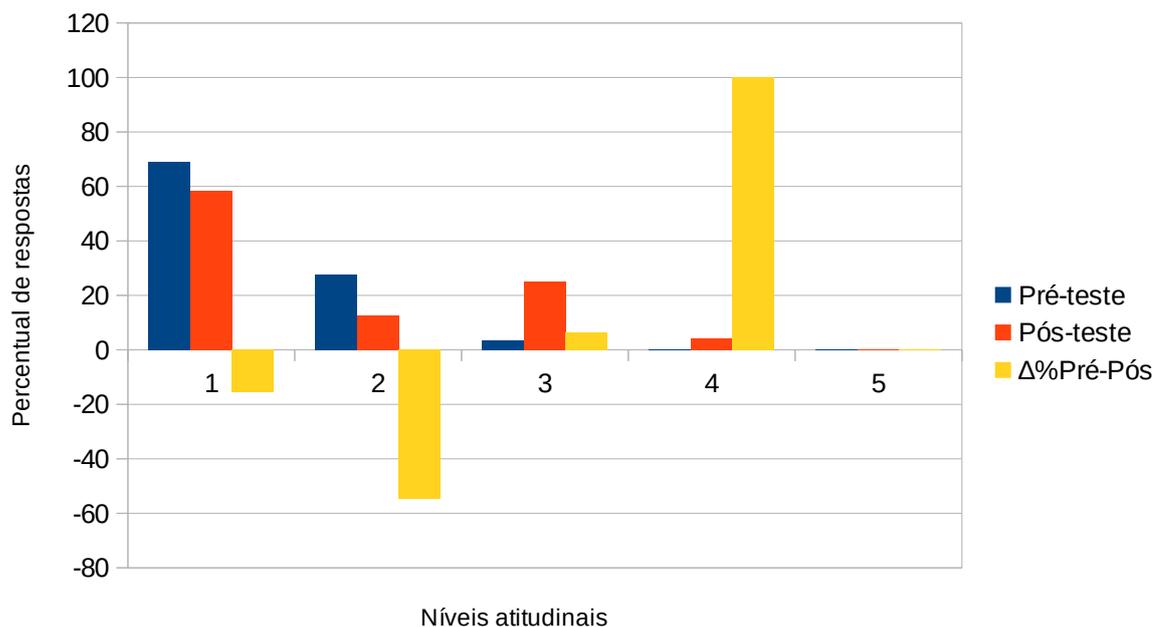
Conceitos necessários: Interpretar modelos e experimentos para explicar fenômenos ou processos biológicos em qualquer nível de organização dos sistemas biológicos. Identificar os diferentes objetos de estudo da Biologia e relacionando as diferentes áreas.

Gráfico 21. Percentual de respostas por níveis atitudinais da turma A para a questão 6.



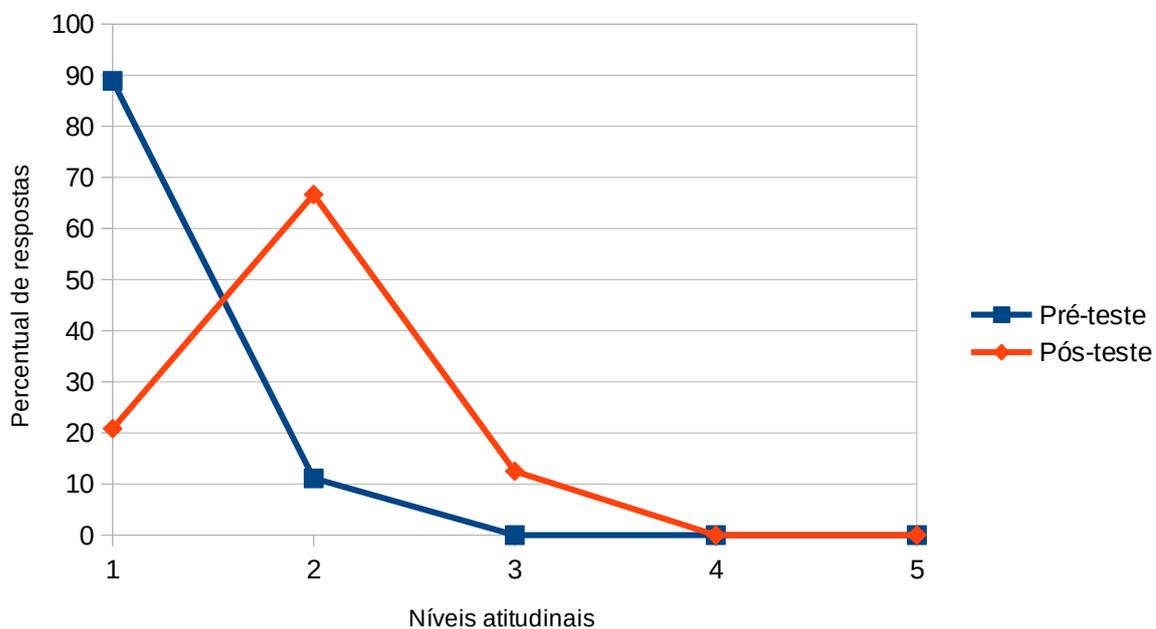
Fonte: Autora, (2020).

Gráfico 22. Percentual de respostas e a variação do percentual entre pré e pós-teste por níveis atitudinais da turma A para a questão 6.



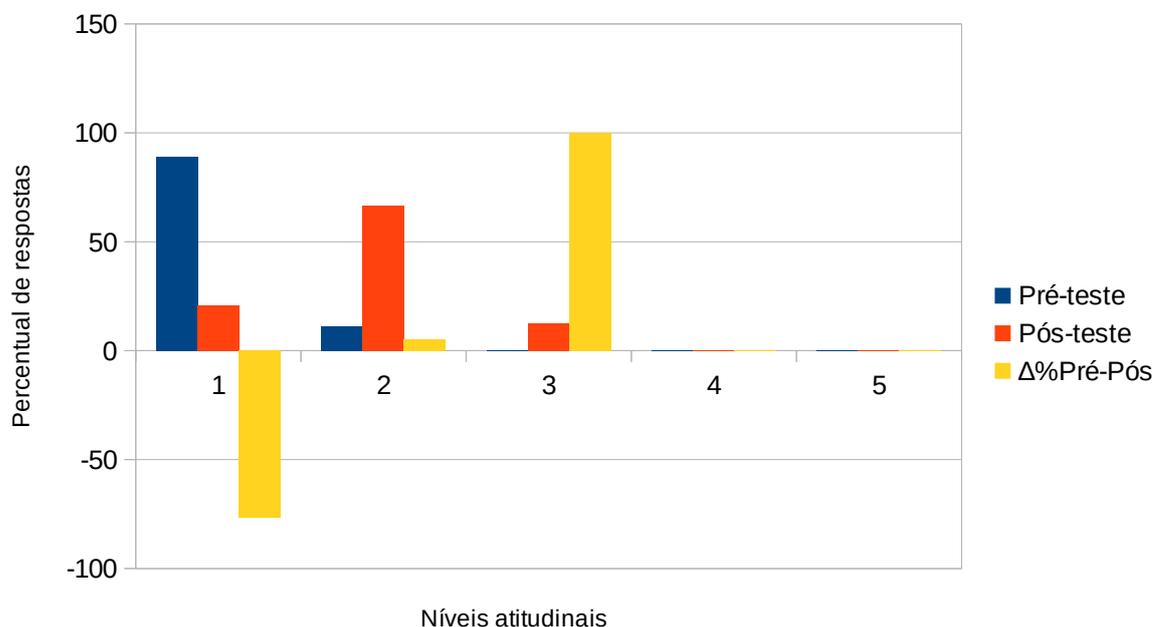
Fonte: Autora, (2020).

Gráfico 23. Percentual de respostas por níveis atitudinais da turma B para a questão 6.



Fonte: Autora, (2020).

Gráfico 24. Percentual de respostas e a variação do percentual entre pré e pós-teste por níveis atitudinais da turma B para a questão 6.



Fonte: Autora, (2020).

Essa questão investiga a relação do desenvolvimento embrionário com a classificação taxonômica dos animais. Essa é uma parte importante para que o aluno crie subsunçores facilitando a ancoragem do conteúdo de classificação animal ao estudar o segundo ano do ensino médio. Toda a construção do conhecimento é uma continuidade, um determinado conceito sempre se relacionará com outro. Na turma A foi possível observar que os alunos possuíam um conhecimento básico e superficial sobre os folhetos embrionários e que essa compreensão melhorou após as aulas com a metodologia tradicional. Não houve alunos que atingiram o nível 5, mas houve aumento nas porcentagens dos níveis 3 e 4 havendo aprendizagem e aumento na compreensão dos conceitos.

Na turma B os conhecimentos iniciais eram mais precários que na turma A, sendo que 88,9% da turma se encontrava no nível 1. Após as aulas com uso da metodologia em 3D, as porcentagens dos níveis 2 e 3 subiram consideravelmente. Não houve alunos nos níveis 4 e 5, mas foi possível perceber a aquisição de conceitos possíveis para a construção de conhecimento mais aprofundado. O aluno saiu da estagnação do ato de conhecer.

Questão 7 (utilizada nos questionários de pré e pós-teste para as duas turmas).

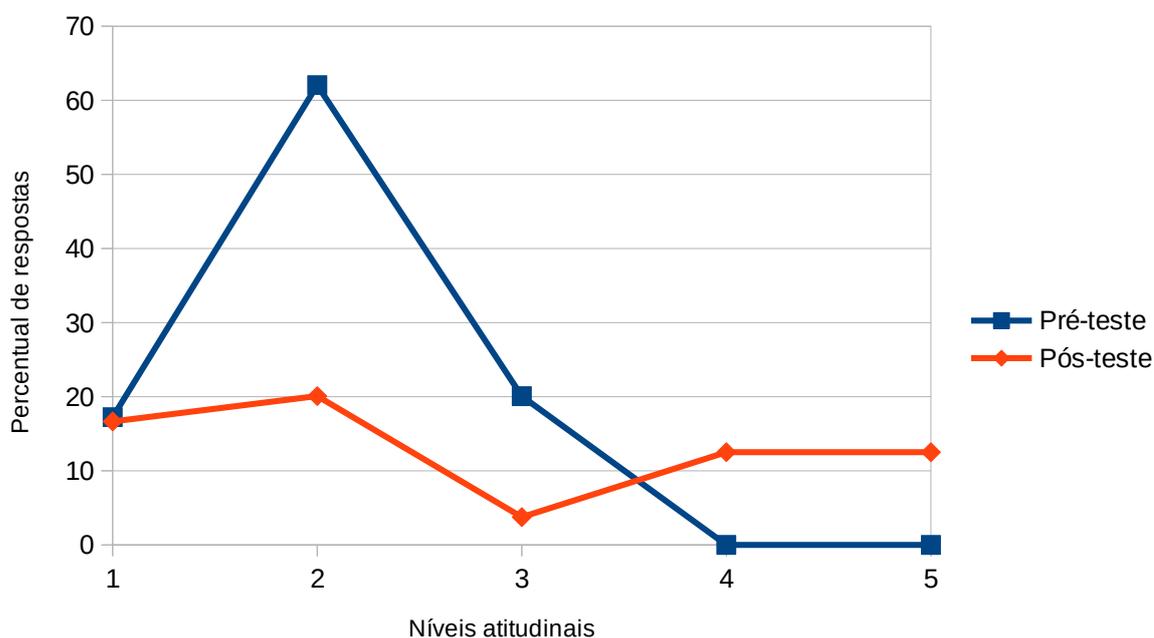
O estudo da embriologia é importante para o desenvolvimento de novas tecnologias como clonagem terapêutica, por exemplo? Explique com suas palavras.

Objetivos para a questão: Reconhecer mecanismos de transmissão da vida, prevendo ou explicando a manifestação de características dos seres vivos. Identificar as estruturas embriológicas associando a diferenciação celular com a formação de tecidos e o desenvolvimento da clonagem terapêutica.

Resposta considerada ideal: Após a fecundação forma-se a célula-ovo, que sofrerá divisão celular, originando várias células sem diferenciação. São essas células que formarão os folhetos embrionários que originarão todos os tecidos e sistemas do organismo. Com base nesse conhecimento é possível desenvolver clones de tecidos a partir dessas células para a cura de doenças, traumas ou transplantes de células/tecidos.

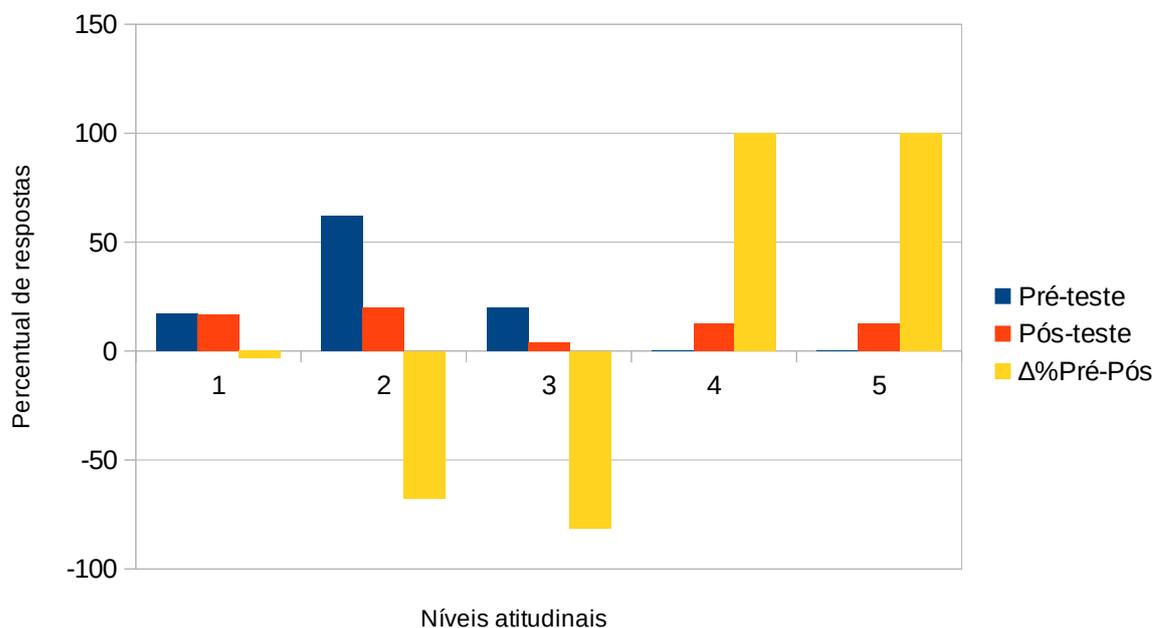
Conceitos necessários: célula, tecido, célula-tronco, embrião, clonagem, reprodução, fecundação e embrião.

Gráfico 25. Percentual de respostas por níveis atitudinais da turma A para a questão 7.



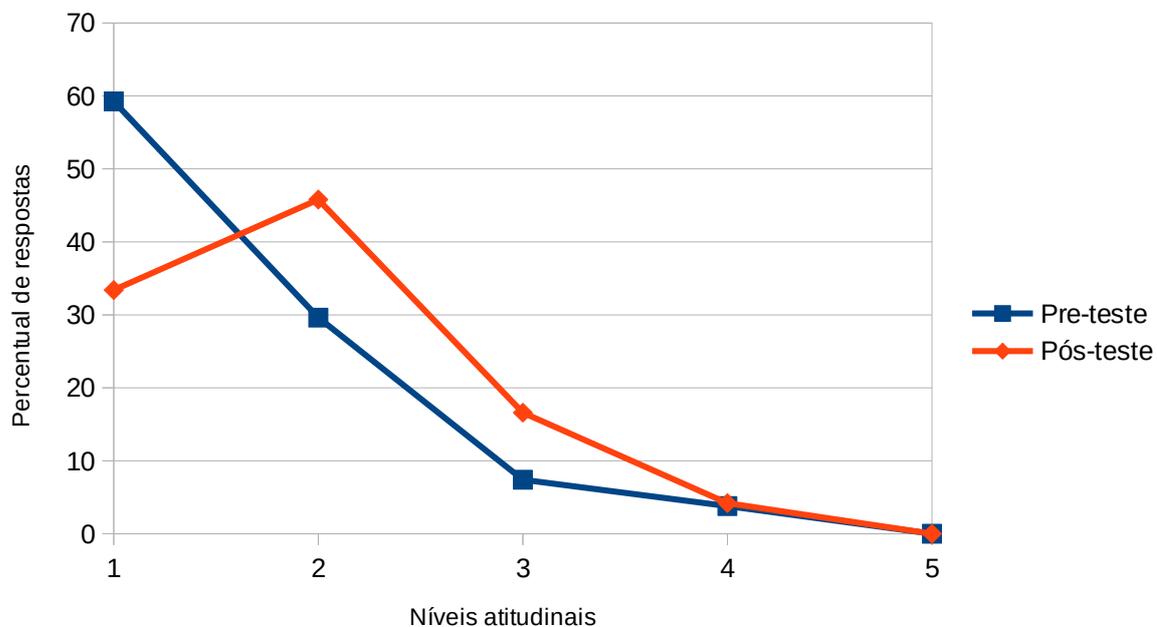
Fonte: Autora, (2020).

Gráfico 26. Percentual de respostas e a variação do percentual entre pré e pós-teste por níveis atitudinais da turma A para a questão 7.



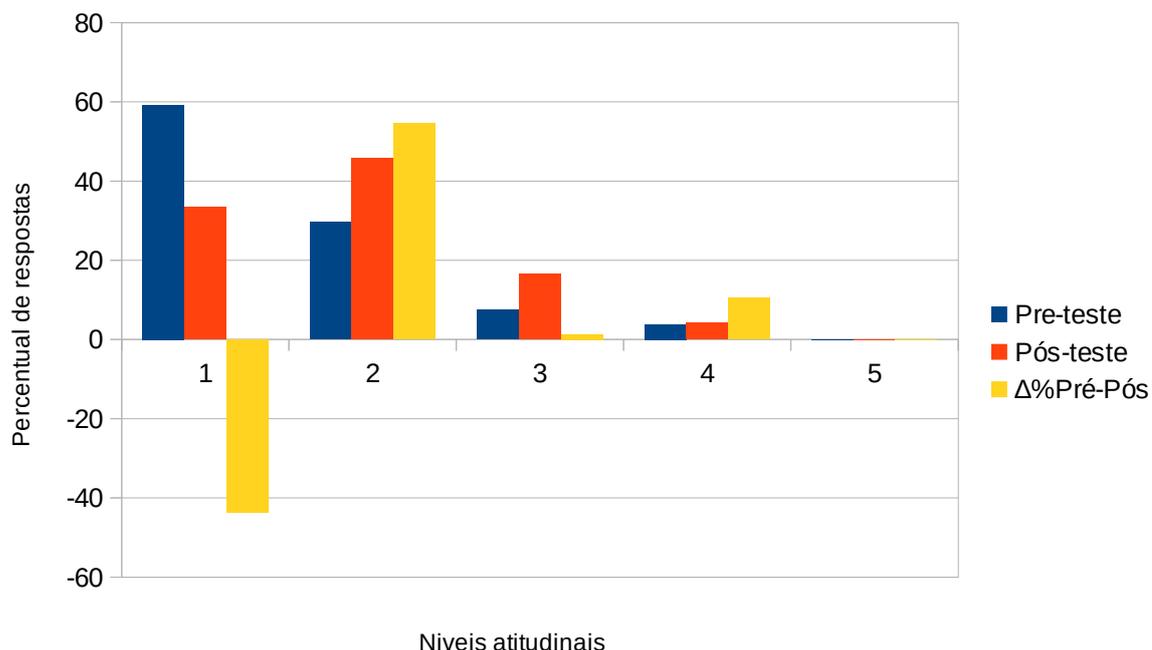
Fonte: Autora, (2020).

Gráfico 27. Percentual de respostas por níveis atitudinais da turma B para a questão 7.



Fonte: Autora, (2020).

Gráfico 28. Percentual de respostas e a variação do percentual entre pré e pós-teste por níveis atitudinais da turma B para a questão 7.



Fonte: Autora, (2020).

A questão 7 relaciona os conceitos de embriologia com a biotecnologia. Essa questão investiga se o aluno consegue perceber os conceitos de embriologia dentro das novas tecnologias difundidas pela mídia. Estabelece essa relação é fundamental para que o aluno forme um pensamento crítico e saiba debater com propriedade sobre assuntos polêmicos como aborto, células-tronco e clonagem.

A turma A mostrou aumento nas porcentagens dos níveis 4 e 5. Os alunos dessa turma se mostraram mais críticos em relação à turma B, desde o início do ano letivo. Nenhum aluno atingiu o nível 5.. Na turma B houve aumento nos níveis 2, 3 e 4. Esses aumentos levam a crer que a maioria dos alunos adquiriu, em algum nível, conceitos significativos que provocaram um tipo de aprendizagem, mesmo os alunos com mais dificuldades.

Questão 8 (utilizada nos questionários de pré e pós-teste para as duas turmas).

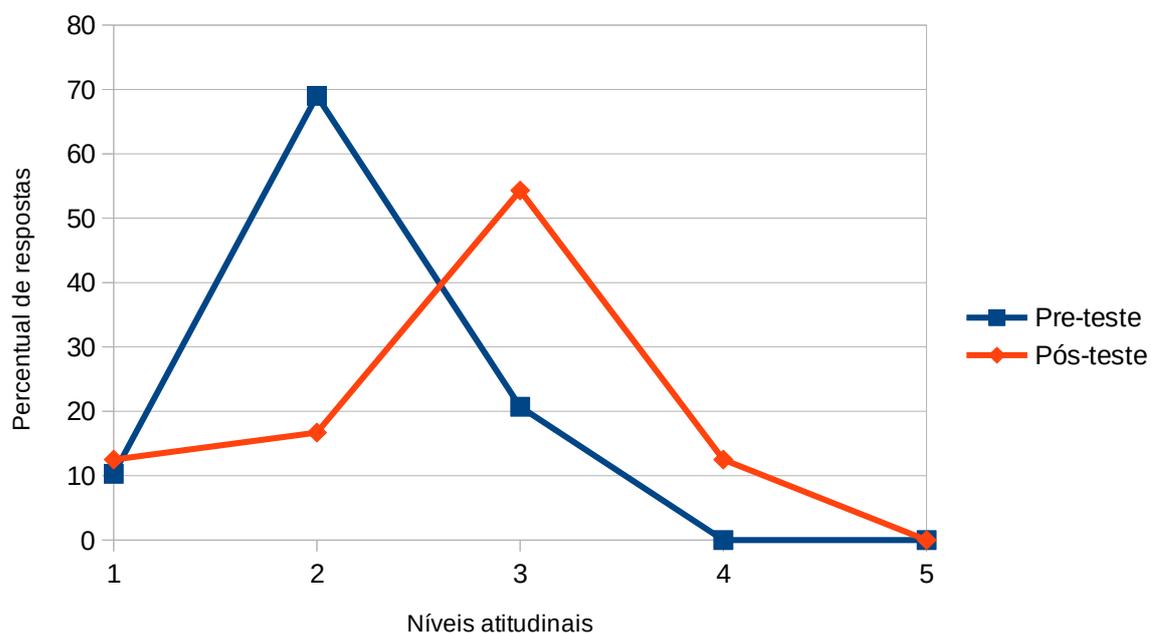
Em quais aspectos o conteúdo de embriologia é importante na sua vida?

Objetivos para a questão: Reconhecer mecanismos de transmissão da vida, prevendo ou explicando a manifestação de características dos seres vivos. Reconhecer o processo de formação do indivíduo.

Resposta considerada ideal: Essa é uma resposta com base na vida pessoal do aluno, mas espera-se que o aluno consiga identificar, no mínimo, o uso de células-tronco, os diferentes tipos de células-tronco e as terapias oriundas dessas pesquisas.

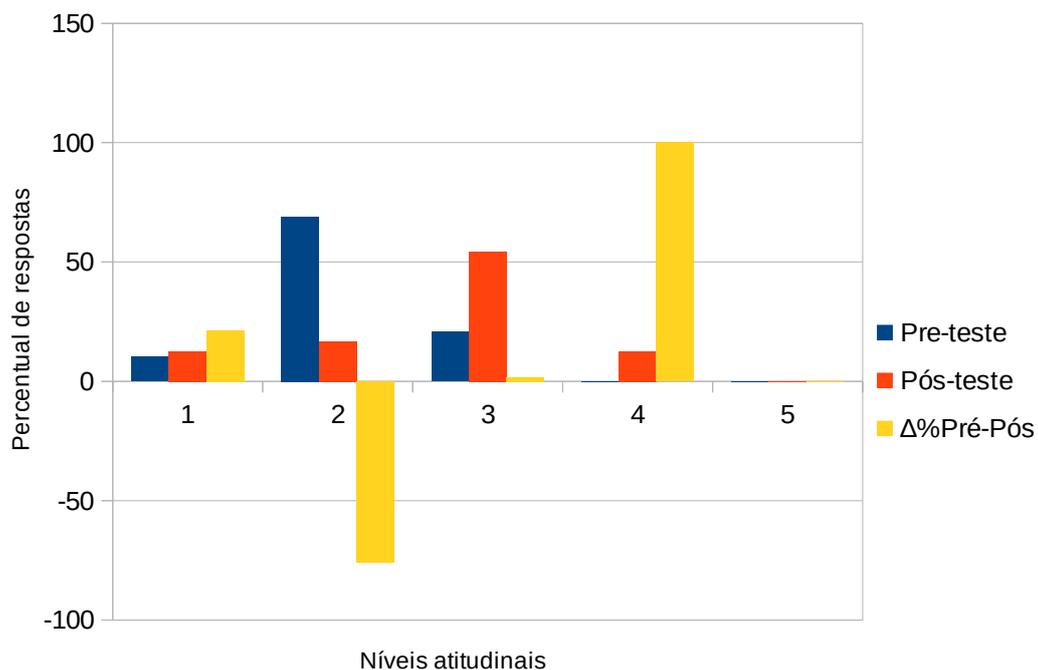
Conceitos necessários: Definir embriologia. Identificar as etapas da formação do embrião. Observar e identificar os folhetos embrionários e a origem de diferentes partes do corpo. Segmentação e formação dos blastômeros.

Gráfico 29. Percentual de respostas por níveis atitudinais da turma A para a questão 8.



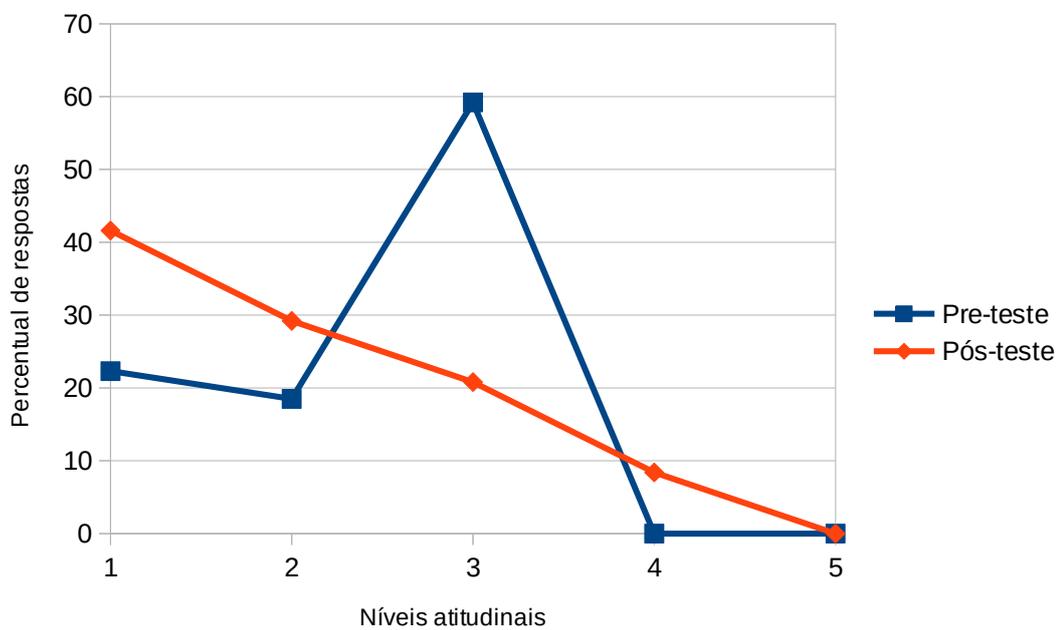
Fonte: Autora, (2020).

Gráfico 30. Percentual de respostas e a variação do percentual entre pré e pós-teste por níveis atitudinais da turma A para a questão 8.



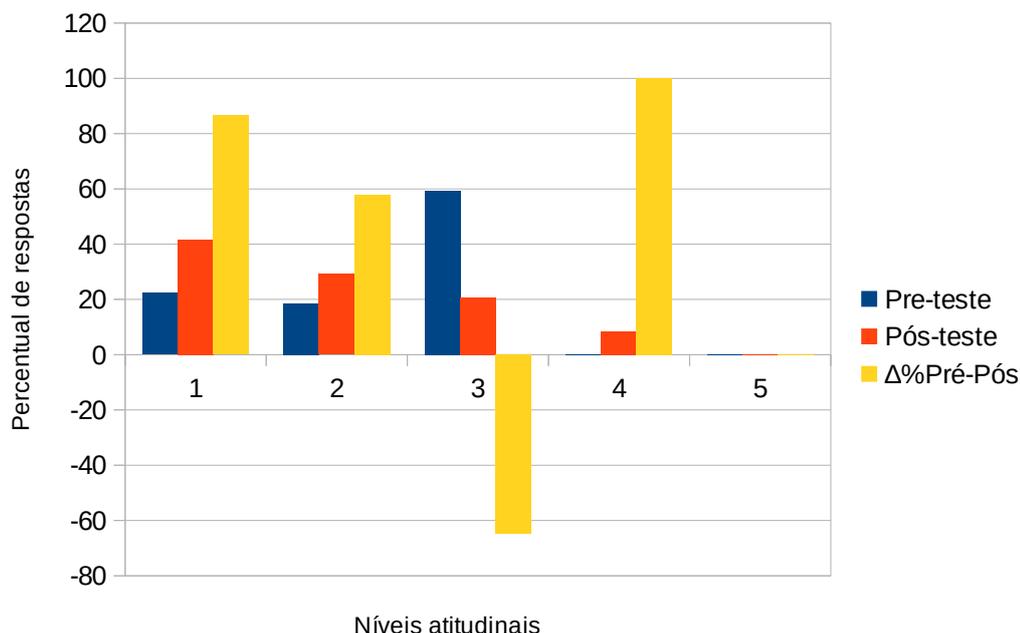
Fonte: Autora, (2020).

Gráfico 31. Percentual de respostas por níveis atitudinais da turma B para a questão 8.



Fonte: Autora, (2020).

Gráfico 32. Percentual de respostas e a variação do percentual entre pré e pós-teste por níveis atitudinais da turma B para a questão 8.



Fonte: Autora, (2020).

Com essa questão buscou-se investigar se o aluno conseguia relacionar a embriologia com aspectos da sua vida e do cotidiano. A turma A mostrou maior criticidade e relação dos conceitos com o cotidiano do que a turma B. O que é possível observar na turma B é que houve uma desaprendizagem, uma vez que a porcentagem do nível 1 aumentou no pós-teste.

O desaprender está sendo usado aqui como superação de um obstáculo epistemológico para a construção da aprendizagem significativa. O conhecimento prévio foi desconstruído. Muitos alunos da turma B não responderam essa questão no pré-teste, só conseguindo elaborar uma resposta no pós-teste. Levando a crer que o conhecimento prévio desses alunos impedia a captação dos significados compartilhados a respeito do novo conhecimento (MOREIRA, 2010, p. 15). Diante do exposto foi possível construir um quadro comparando os resultados das turmas de maneira resumida.

Quadro 15. Análise resumida das questões 1 a 8.

Questão	Turma A	Turma B
Questão 1	No pós-teste houve aumento dos níveis atitudinais 4 e 5.	No pós-teste apresentou aumento nos níveis atitudinais 4 e 5 tendo 50% de aproveitamento no nível 5.
Questão 2	No pós-teste apresentou alunos que atingiram o nível atitudinal 5.	Apresentou, no pós-teste, aumento dos níveis atitudinais 3 e 4.

Questão 3	Apresentou, no pós-teste, alunos que atingiram o nível atitudinal 5.	Apresentou, no pós-teste, alunos que atingiram o nível atitudinal 5 com porcentagem maior em relação à turma A.
Questão 4	No pós-teste apresentou aumento nos níveis atitudinais 2 e 4.	No pós-teste apresentou aumento expressivo no nível atitudinal 2. A maioria dos alunos se encontravam no nível atitudinal 1, demonstrando aquisição de conhecimento.
Questão 5	No pós-teste apresentou aumento nos níveis atitudinais 2, 3 e 4.	No pós-teste apresentou aumento nos níveis atitudinais 2 e 3.
Questão 6	No pós-teste apresentou aumento nos níveis atitudinais 3 e 4.	A turma B demonstrou conhecimentos precários no pré-teste. A maioria da turma, 89%, se encontravam no nível 1. No pós-teste houve aumento considerável nos níveis 2 e 3.
Questão 7	No pós-teste apresentou aumento nos níveis atitudinais 4 e 5.	No pós-teste apresentou aumento nos níveis atitudinais 2, 3 e 4.
Questão 8	No pós-teste apresentou aumento nos níveis atitudinais 3 e 4.	Muitos alunos da turma B não haviam respondido essa questão no pré-teste. Houve um aumento considerável no nível atitudinal 1 no pós-teste, sugerindo uma desaprendizagem de conceitos não funcionais para a aquisição da aprendizagem significativa crítica.

Fonte: Autora, (2020).

5.1.1. Análise das questões exclusivas do pré-teste

Questão 9 (utilizada nos questionários de pré-teste das turmas A e B):

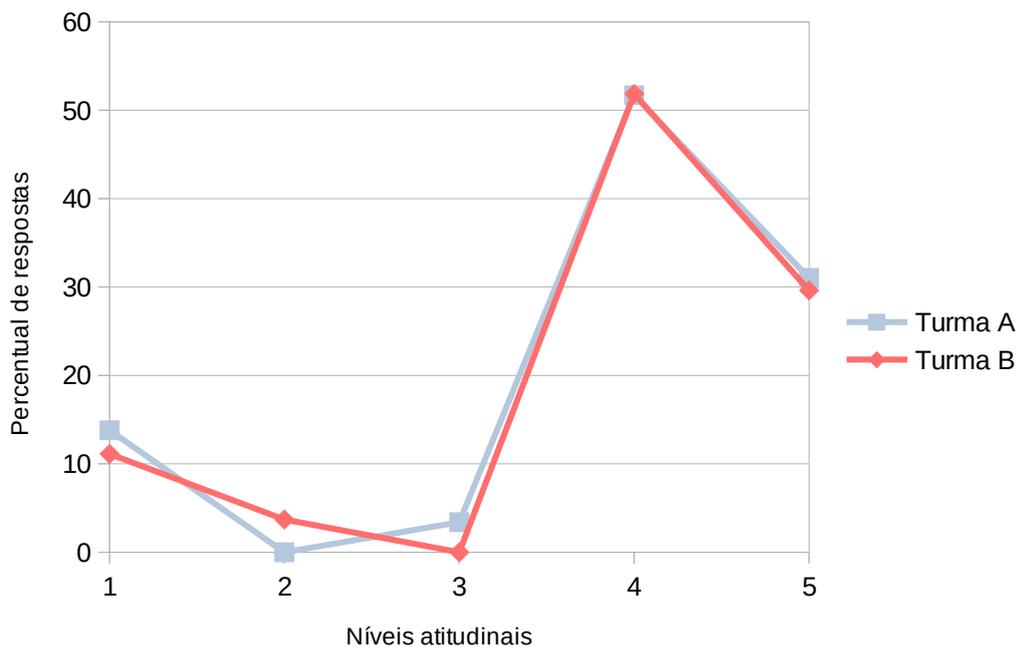
Para você, qual é a melhor maneira de aprender embriologia, através de figuras e desenhos ou com modelos em três dimensões (3D)? Por quê?

Objetivos para a questão: Identificar o entendimento do aluno sobre qual metodologia ele avalia como ideal para a aquisição da aprendizagem.

Resposta considerada ideal: O modelo em 3D se mostra como uma ótima alternativa para a compreensão real dos modelos embrionários uma vez que são estruturas que são “vistas” em figuras. Com os modelos em 3D é possível criar um modelo mental funcional sobre o desenvolvimento embrionário.

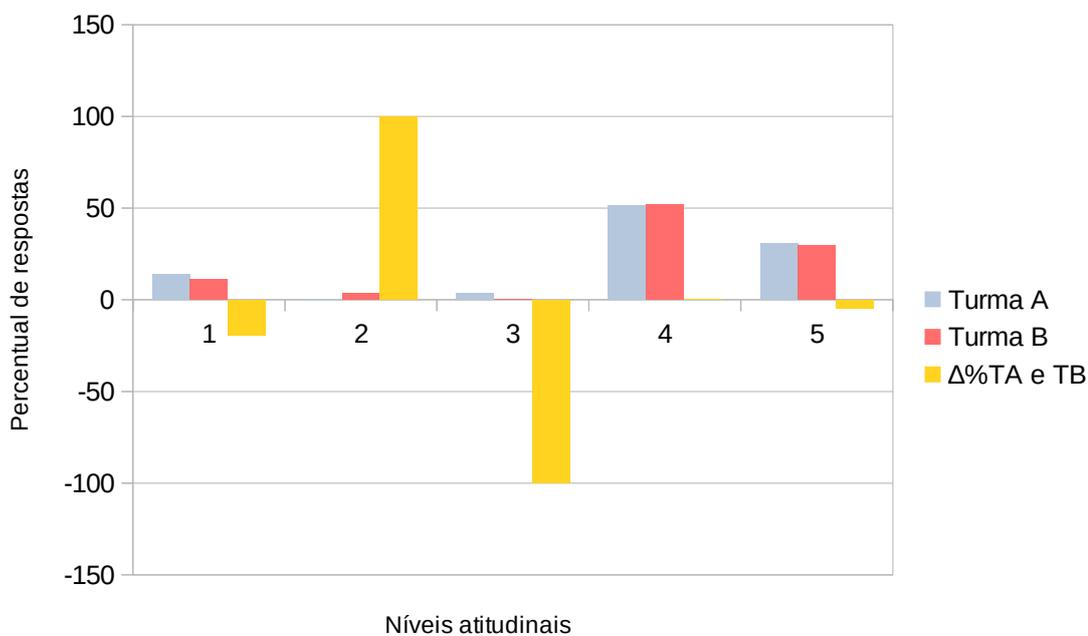
Conceitos necessários: Metodologia, aprendizagem significativa e aquisição de conteúdo.

Gráfico 33. Percentual de respostas por níveis atitudinais das turmas A e B para a questão 9 do pré-teste.



Fonte: Autora, (2020).

Gráfico 34. Percentual de respostas e variação percentual por níveis atitudinais entre as turmas A e B para a questão 9 do pré-teste.



Fonte: Autora, (2020).

A Questão 9 do pré-teste investiga a opinião dos alunos acerca das metodologias e sua preferência entre elas. É possível perceber que não há muitas diferenças entre as turmas. A maioria dos alunos atingiu o nível 4 onde os alunos preferem a metodologia com modelos em 3D sem justificar a resposta. Esses números levam a crer que os alunos acreditam ser mais divertido usar os modelos em 3D mas sem realmente compreender como o uso e manuseio dessa ferramenta didática.

Questão 10 (utilizada nos questionários de pré-teste das turmas A e B):

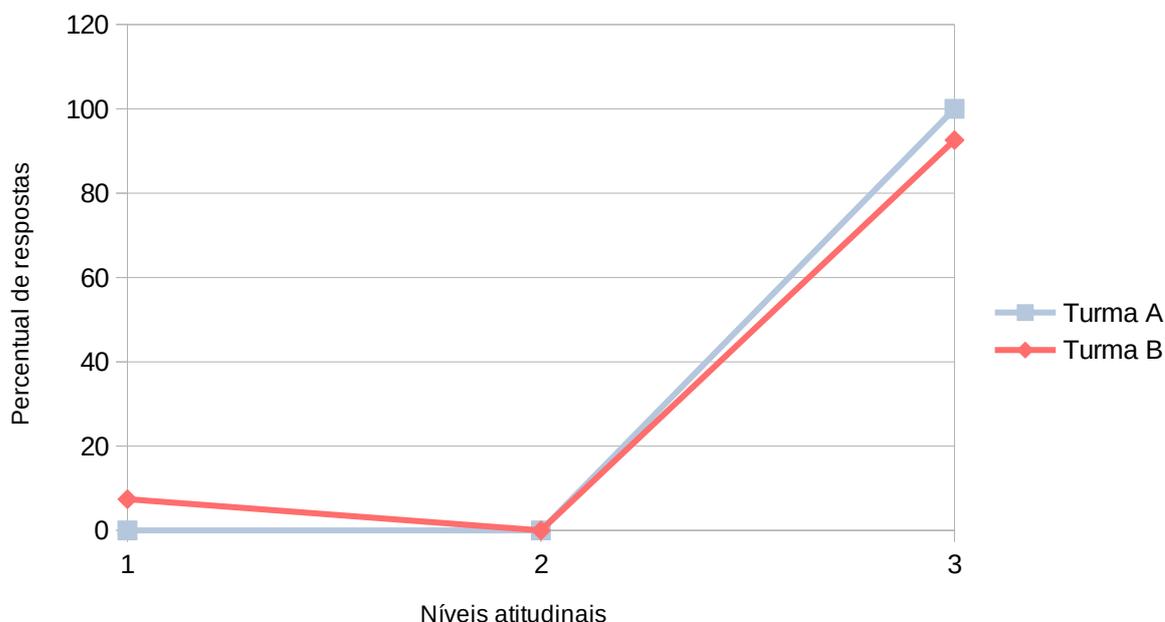
O que você acha de estudar através de modelos em 3D? Você acha que aprenderia melhor o conteúdo demonstrado através desta metodologia?

Objetivos para a questão: Identificar o entendimento do aluno sobre qual metodologia ele avalia como ideal para a aquisição da aprendizagem.

Resposta considerada ideal: O modelo em 3D se mostra como uma nova metodologia para aquisição do conhecimento em qualquer disciplina, construindo aprendizagem significativa.

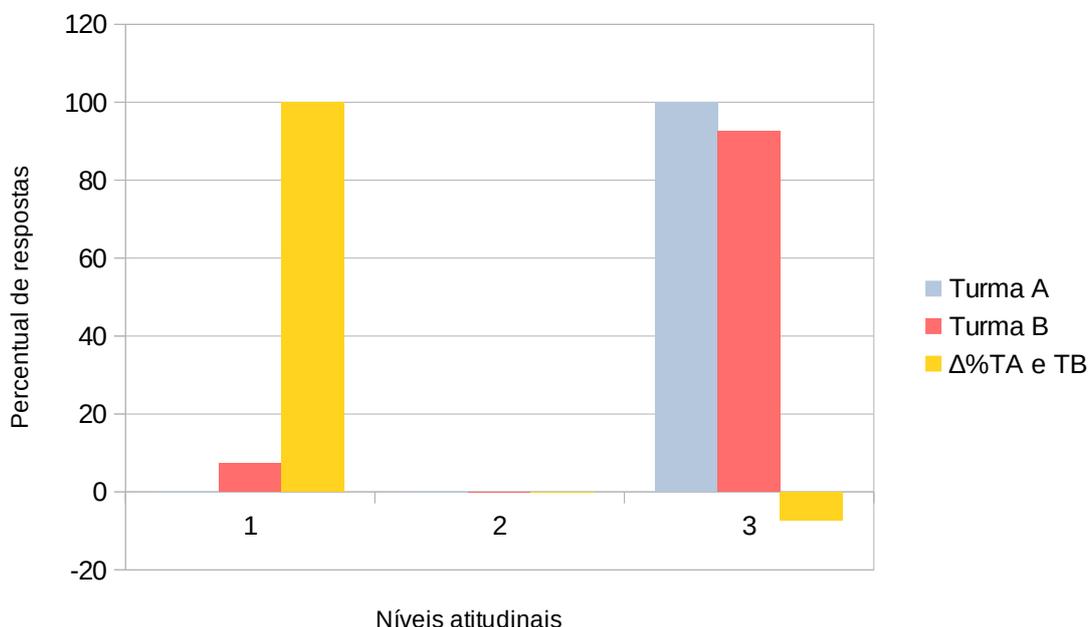
Conceitos necessários: Metodologia, aprendizagem significativa e aquisição de conteúdo.

Gráfico 35. Percentual de respostas por níveis atitudinais das turmas A e B para a questão 10 do pré-teste.



Fonte: Autora, (2020).

Gráfico 36. Percentual de respostas e variação percentual por níveis atitudinais entre as turmas A e B para a questão 10 do pré-teste.



Fonte: Autora, (2020).

A questão 10 do pré-teste investiga exclusivamente a expectativa dos alunos em fazer uso da impressão em 3D. Os gráficos mostram que a turma A, por ter um perfil mais crítico, teve 100% de expectativa de uma aula mais proveitosa e divertida com o uso dos modelos em 3D. Já a turma B mostrou que alguns alunos possuem receio ao novo e preferem a metodologia tradicional.

5.1.2. Análise das questões exclusivas do pós-teste

Questão 9 (utilizada no pós-teste da Turma A):

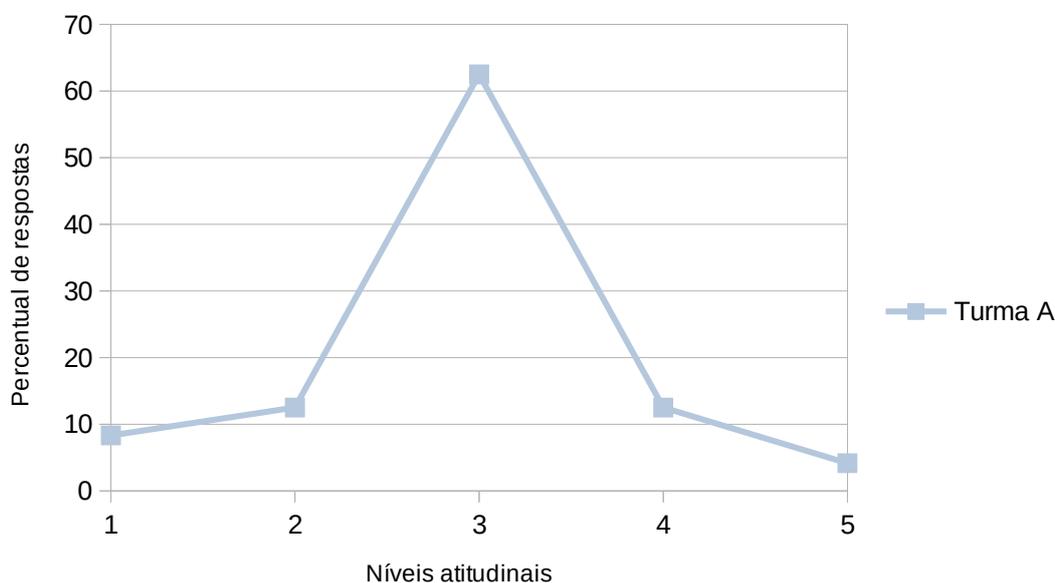
Para você foi fácil aprender sobre as estruturas embriológicas fazendo uso apenas de figuras e desenhos bidimensionais? Explique.

Objetivos para a questão: Identificar a opinião do aluno sobre a metodologia aplicada.

Resposta considerada ideal: Essa é uma resposta com base na experiência individual do aluno, mas espera-se que ele identifique uma defasagem metodológica no uso de figuras bidimensionais apenas.

Conceitos necessários: Metodologia, aprendizagem significativa e aquisição de conteúdo.

Gráfico 37. Percentual de respostas por níveis atitudinais da turma A para a questão 9 do pós-teste.



Fonte: Autora, (2020).

Como o gráfico mostra, a maioria dos alunos ressaltou que conseguiu compreender o conteúdo usando apenas desenhos bidimensionais. Os alunos não discorreram muito nas suas explicações, dando justificativas vagas como: “*eu aprendi melhor assim*”, “*gostei mais assim*”. Aqui vale ressaltar que os alunos da turma A não tiveram contato com a metodologia do modelo em 3D.

Questão 9 (utilizada no pós-teste da Turma B):

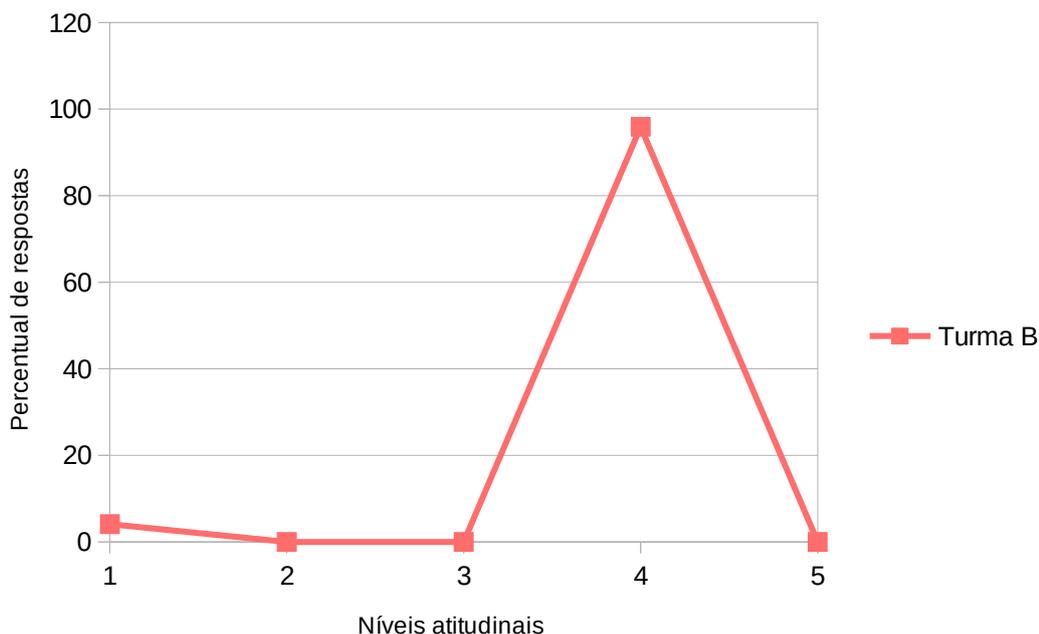
Utilizar modelos em 3D é uma forma diferente de estudar. Neste sentido, estes modelos 3D ajudaram a visualizar melhor as estruturas ou as ilustrações (modelos em 2D) ajudam mais?

Objetivos para a questão: Identificar a opinião do aluno sobre a metodologia aplicada.

Resposta considerada ideal: Essa é uma resposta com base na experiência individual do aluno, mas espera-se que ele identifique o uso de modelos em 3D como um facilitador do processo ensino-aprendizagem.

Conceitos necessários: Metodologia, aprendizagem significativa e aquisição de conteúdo.

Gráfico 38. Percentual de respostas por níveis atitudinais da turma B para a questão 9 do pós-teste.



Fonte: Autora, (2020).

Observando o gráfico para a questão 9 do pós-teste da turma B, que investigou a opinião dos alunos sobre a metodologia com modelos em 3D, observa-se que a maioria da turma prefere o uso e a construção dos modelos, mas não souberam ou não quiseram justificar.

Questão 10 (utilizada no pós-teste da Turma A):

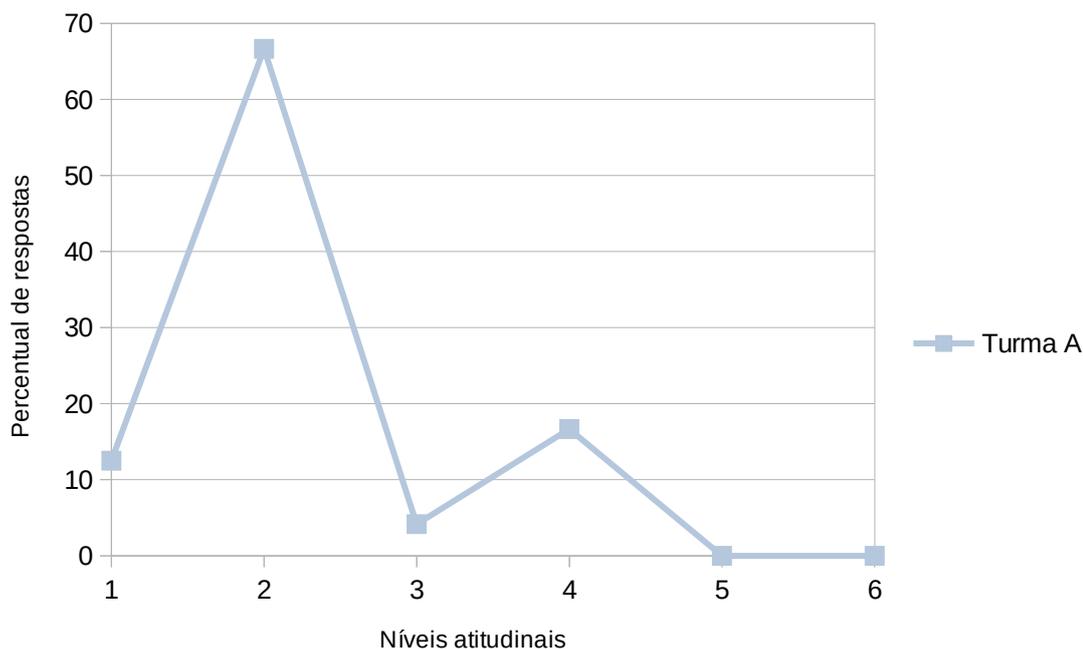
Qual estrutura você conseguiu compreender melhor com essa abordagem metodológica (figuras bidimensionais)?

Objetivos para a questão: Identificar a opinião do aluno sobre a metodologia aplicada e a aquisição do conteúdo.

Resposta considerada ideal: Essa é uma resposta com base na experiência individual do aluno, espera-se que ele aponte a primeira estrutura (mórmula) por ser mais fácil de criar um modelo mental com base apenas na imagem bidimensional.

Conceitos necessários: Metodologia, aprendizagem significativa e aquisição de conteúdo.

Gráfico 39. Percentual de respostas por níveis atitudinais da turma A para a questão 10 do pós-teste.



Fonte: Autora, (2020).

Questão 10 (utilizada no pós-teste da Turma B):

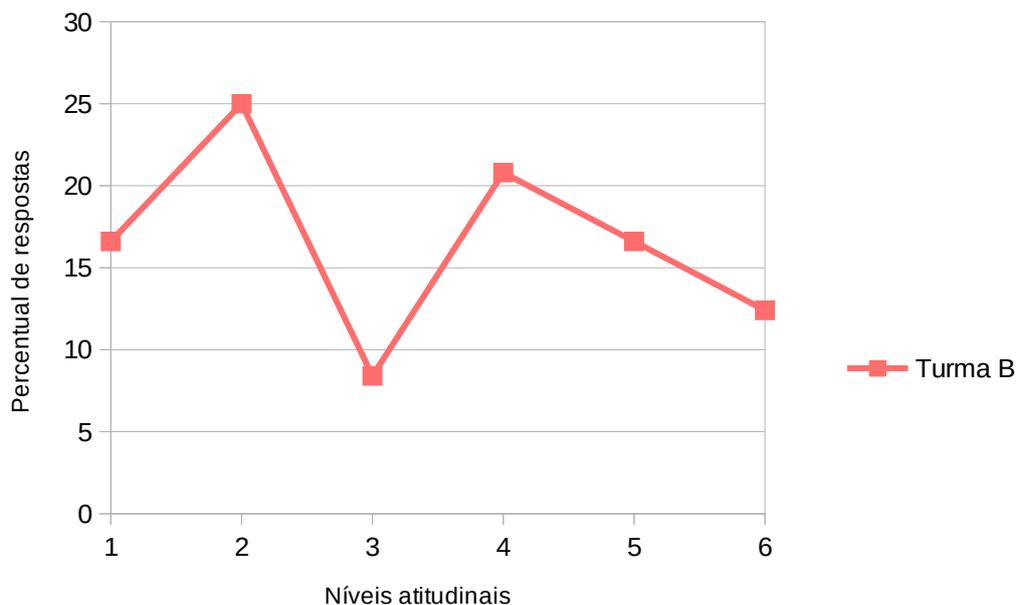
Quais estruturas do desenvolvimento embrionário você compreendeu melhor com os modelos em 3D? Por quê?

Objetivos para a questão: Identificar a opinião do aluno sobre a metodologia aplicada e a aquisição do conteúdo.

Resposta considerada ideal: Essa é uma resposta com base na experiência individual do aluno, espera-se que aluno aponte estruturas com um grau de complexidade estrutural maior.

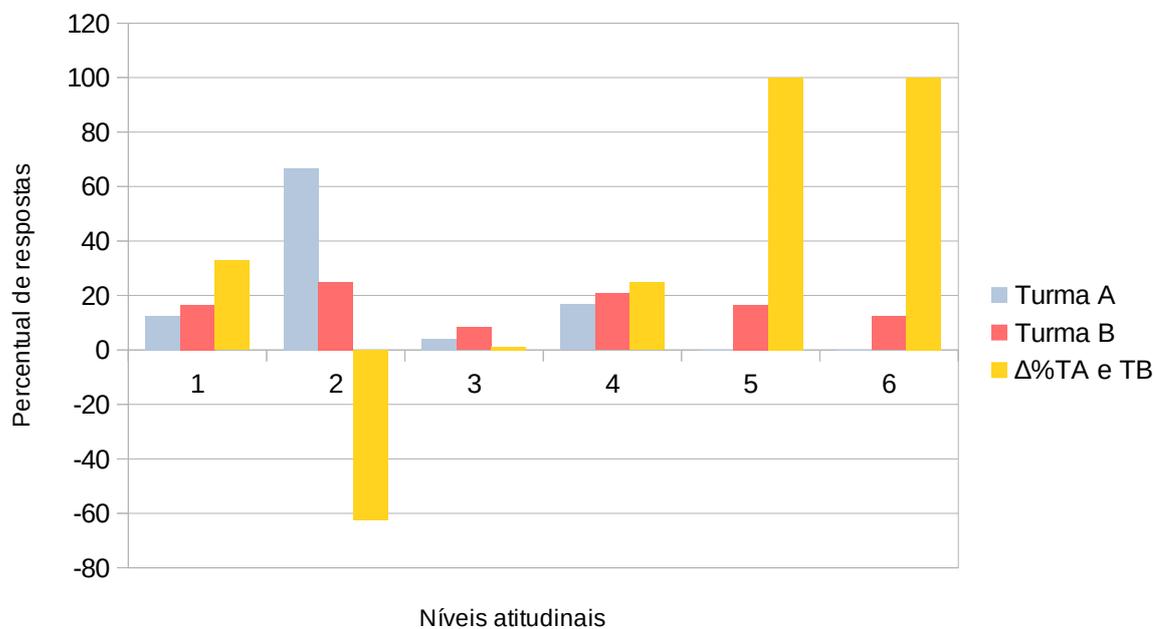
Conceitos necessários: Metodologia, aprendizagem significativa e aquisição de conteúdo.

Gráfico 40. Percentual de respostas por níveis atitudinais da turma B para a questão 10 do pós-teste.



Fonte: Autora, (2020).

Gráfico 41. Percentual de respostas e variação percentual entre as turmas A e B para a questão 10 do pós-teste.



Fonte: Autora, (2020).

A questão 10 investiga qual foi a estrutura melhor compreendida em cada turma de acordo com a metodologia utilizada. Na turma A, que foi usada a abordagem tradicional, a maioria dos alunos respondeu que foi a mórula. Mais de 10% da turma não soube ou não quis responder essa questão. As estruturas mais complexas como gástrula e nêurula não foram mencionadas pelos alunos. Na turma B, onde foi usada a metodologia com modelos em 3D a mórula também foi a mais mencionada, as outras estruturas como gástrula e nêurula também foram mencionadas, sugerindo aquisição de conhecimento acerca das estruturas embrionárias.

Questão 11 (utilizada no pós-teste da Turma A):

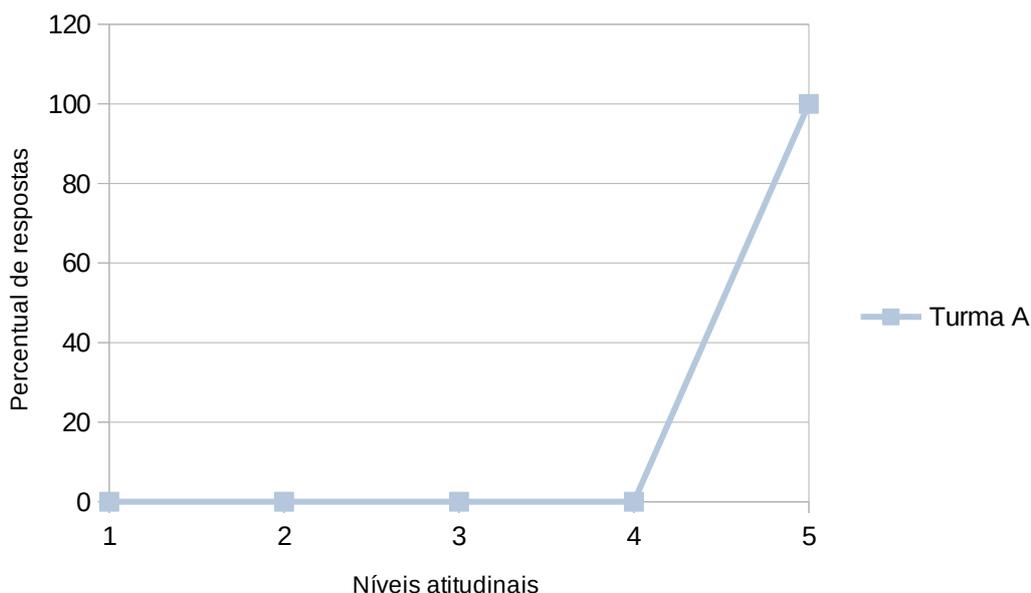
Você acha que seria mais fácil ou mais difícil aprender através de modelos em 3D? Por que?

Objetivos para a questão: Identificar a opinião do aluno sobre a metodologia aplicada e a aquisição do conteúdo.

Resposta considerada ideal: Essa é uma resposta com base na experiência individual do aluno, espera-se que ele identifique o uso de modelos em 3D como um facilitador do processo ensino-aprendizagem.

Conceitos necessários: Metodologia, aprendizagem significativa e aquisição de conteúdo.

Gráfico 42. Percentual de respostas por níveis atitudinais da turma A para a questão 11 do pós-teste.



Fonte: Autora, (2020).

Essa questão foi exclusiva do pós-teste da turma A e 100% da turma relatou que acharia mais fácil aprender através de modelos em 3D. Os alunos justificaram por ser mais “*divertido*”, “*diferente então prende mais a atenção*”, “*é uma coisa nova*”, ficando em justificativas superficiais, visando uma aula diferente onde eles possam “*sair da sala*”.

5.2. Análise do levantamento bibliográfico

Foi notória a escassez de trabalhos científicos, artigos e literatura voltados para o uso de impressora em 3D no ensino de biologia. Existe uma lacuna teórica, as pesquisas envolvendo impressão 3D, na sua maioria, relacionam-se à matemática pois os modelos são facilmente encontrados prontos para a impressão e quando se trata de pesquisas envolvendo o ensino de embriologia a metodologia utilizada é a construção de modelos em argila ou massinha de modelar.

Durante a realização deste trabalho foi encontrado apenas um trabalho que relaciona o uso da impressora 3D no ensino de embriologia: “Utilização de modelos em 3D como recurso didático no ensino de embriologia do sistema nervoso central” de autoria de Suzana Guimarães Moraes e Anderson de Lima Muniz (MORAES e MUNIZ, 2018), que versa sobre o uso de modelos em 3D no ensino do desenvolvimento embrionário do sistema nervoso para o ensino superior. Neste cenário é imprescindível aliar o conteúdo à tecnologia, uma vez que a impressão 3D oferece muitas possibilidades dentro da área educacional e está sendo subutilizada.

5.3. Relato da percepção da pesquisadora baseada no Diário de Bordo e relato dos alunos

A pesquisadora realizou um Diário de Bordo durante o desenvolvimento deste projeto de mestrado. Foram realizadas anotações particulares desde a primeira etapa de pesquisa bibliográfica e elaboração do projeto. Por meio das anotações particulares da pesquisadora foi possível perceber que os alunos, inicialmente, possuíam um conhecimento prévio bem

superficial acerca do conteúdo de embriologia, limitando-se a responder que era o estudo do embrião e da gravidez quando foram questionados oralmente.

Aqui cabe ressaltar que nas turmas onde o projeto foi aplicado existem muitos alunos com déficit de aprendizado e defasagem de conteúdo. A disparidade social e a carência de todos os tipos é nítida em muitos dos educandos. A realidade social dos mesmos envolve desde alunos retirados dos seus lares e que vivem no Orfanato Nova Canaã, alunos que precisam trabalhar durante o dia pois cabe a eles seu próprio sustento, alunos com abandono parental, famílias que vivem em extrema carência inclusive de alimentos e alunos que possuem uma situação financeira, família e social estável. Esse contexto de vida em que muitos se encontram gera muita defasagem no conteúdo para os mesmos, mostrando uma simplicidade nas respostas e relatos dados pelos educandos.

As turmas possuem perfis bem diferentes. A turma A, onde foi aplicada a metodologia tradicional tem alunos com poder aquisitivo sensivelmente melhor que a turma B, onde foi aplicada a metodologia com modelos em 3D. A turma A tem mais acesso à internet, televisão e computadores. A maioria dos alunos moram na Colônia Vitória, próximo ao colégio. Na turma B haviam muitos alunos com laudo e dificuldades de aprendizagem, a maioria dos alunos moram no interior, nas fazendas da região. Onde o acesso às tecnologias é mais escasso. Dependendo do transporte escolar para vir ao colégio. Diante disso a turma A possui um perfil mais crítico, com uma compreensão de mundo diferente da turma B, onde muitos alunos nunca saíram do Distrito de Entre Rios.

Esse contexto social também evidencia outra característica, nas duas turmas haviam alunas adolescentes e grávidas, algumas até eram “casadas” pois saíram da casa dos pais para morar na casa dos pais do namorado. E até por conta dessa realidade, o conteúdo de embriologia se tornou interessante para eles, pois as alunas tinham muitas curiosidades acerca da gravidez.

Os questionamentos eram sobre o senso comum que envolvem a uma gravidez como os “desejos de grávida”, “azia durante a gravidez significa que o bebê é cabeludo”, “dormir de bruços entorta o bebê”, entre outras crenças e superstições populares sobre a gestação. Conforme o conteúdo foi sendo apresentado e explicado, os alunos mudaram seus

questionamentos, mostrando interesse sobre o desenvolvimento do embrião.

Na turma A foi aplicado a metodologia tradicional, e os alunos logo foram perdendo o interesse. O conteúdo de embriologia é complexo e apresenta uma nomenclatura própria. No método tradicional, com uso de figuras bidimensionais e aulas expositivas, onde o aluno é um agente passivo se mostrou pouco produtor na construção da aprendizagem significativa crítica em relação ao conteúdo. Os alunos estavam mais preocupados em decorar os nomes e a sequência das estruturas embrionárias sem realmente compreendê-las. Tanto que foi possível observar discrepâncias entre as respostas dadas pelos alunos no pós-teste e a observação realizada nas aulas.

Na turma B foi aplicado a sequência didática, onde os alunos construíram os modelos em 3D que foram impressos para uso na aula. A turma demonstrou desinteresse no início provavelmente pela falta de familiaridade com a tecnologia de designer em 3D. Muitos alunos relataram que não *“sabiam mexer em notebook”*. Outros relatos foram: *“professora, eu não sei fazer uma conta nesse site”*; *“eu não tenho e-mail e não sei como fazer um”*; *“como que eu entro na internet por esse computador?”*; *“Ah professora, eu não sei mexer nessas coisas de internet e site não”*.

Os alunos que tinham acesso a computadores atualizados em casa, conheciam o programa paint 3D. Esses demonstraram mais interesse. Mas conforme todos os alunos foram se familiarizando com o software, os modelos foram sendo produzidos. E as aulas se tornaram interessantes e perceberam que os modelos foram construções próprias, eles foram agentes ativos durante o processo. Essa situação deu a eles autonomia e autoconfiança. Quebrando paradigmas impostos pela situação de vida que muitos alunos se encontram. Os alunos comentaram que estavam orgulhosos pois *“fizeram sozinhos e aprenderam a mexer no site”*. Uma aluna relatou: *“nossa profe, eu nem sabia que eu sabia fazer essas coisas...é até fácil depois que a gente conhece e começa a mexer....posso ajudar os outros alunos? Eu já terminei.”*

A escolha da turma B para a aplicação da metodologia com modelos em 3D se deu justamente pela percepção da pesquisadora na dificuldade que muitos alunos dessa turma possuem nos conteúdos puramente expositivos. Percebeu-se que após aplicação do projeto, os

alunos da turma B mostraram aquisição do conhecimento, conseguindo discorrer oralmente sobre os modelos construídos explicando como cada estrutura embrionária se modificava ao longo do desenvolvimento embrionário, relacionando a embriologia com tecnologias como clonagem terapêutica e reprodução assistida. Esses alunos discorreram também sobre a construção em 3D desses modelos.

Na turma A foi notado que os alunos memorizaram as estruturas e sua sequência. Alguns alunos obtiveram aprendizagem significativa e conseguiram relacionar o desenvolvimento embrionário com tecnologias relacionadas à clonagem e reprodução assistida, por exemplo, mas a maioria dos educandos não conseguiram argumentar oralmente sobre o tema. Muitos alunos da turma A tentaram burlar as respostas dos testes, pesquisando as questões na internet pelo celular. A maioria dos alunos dessa turma possui aparelho celular com créditos ativos para uso na internet móvel. Foi necessário recolher os aparelhos para que a pesquisa não ficasse comprometida, mas muitos compartilharam as respostas que sabiam com outros, tendo testes com respostas idênticas. Na turma B os alunos até possuem aparelhos celulares, mas sem créditos ativos e sem conexão com a internet móvel, não conseguindo realizar a pesquisa no Google. Os alunos da turma B se mostraram mais ingênuos que os alunos da turma A, não tendo um compartilhamento de respostas tão grande.

A maior dificuldade encontrada durante o desenvolvimento do projeto foi a construção dos modelos e o manuseio do software para a modelagem em 3D. Por ser uma plataforma com uma abordagem diferente daquela em se está acostumado a usar para desenhar foi necessário que o professor aprendesse seu uso antes das aulas, exigindo capacitação tecnológica pelo mesmo e promovendo assim desenvolvimento na prática pedagógica.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo deste trabalho de dissertação foi analisar em que medida o uso da impressora 3D contribui para a aprendizagem significativa crítica de conceitos básicos de embriologia na Educação Básica. Norteados nessa pesquisa a fim de atingir o objetivo geral foram criados quatro objetivos específicos, sendo o primeiro: *realizar um levantamento bibliográfico sobre o uso de tecnologias educacionais no ensino de embriologia.*

Durante a pesquisa encontrou-se somente um artigo versando sobre a utilização da impressão em 3D para o ensino de embriologia que investigou o uso dessa metodologia no ensino superior. A escassez de trabalhos com essa perspectiva de ensino é perceptível, principalmente no ensino de embriologia na educação básica. As metodologias diferenciadas utilizadas para esse conteúdo no ensino médio se limitam a construção das estruturas embrionárias com massinha de modelar ou argila.

Essa metodologia é válida e traz uma proposta diferente da aula tradicional expositiva baseada em imagens. Mas o aluno do século XXI já nasceu inserido nas TDICs, sendo essas as ferramentas que mais despertam a curiosidade do alunado, proporcionando várias formas de interação e participação sendo o aluno o agente ativo do conhecimento de maneira interativa e prazerosa. Nesse contexto, as práticas pedagógicas precisam abandonar preceitos antigos e visar as necessidades e expectativas dos alunos.

Em meio a constatação do pouco uso das TDICs como ferramenta didática e em contrapartida da sua importância no cenário educacional atual, torna-se evidente que essas ferramentas são recursos extraordinários que bem explorados promovem uma aprendizagem significativa. Infelizmente existe um obstáculo para o uso dessas metodologias, a adesão e capacitação dos professores. Sem essa participação os recursos tecnológicos serão apenas uma distração sem potencial educativo.

Aqui entra-se em outro objetivo específico: *desenvolver um produto educacional, no formato de sequência didática, para a construção de modelos em 3D através de softwares próprios, propiciando autonomia digital aos professores e alunos em relação ao ensino e aprendizagem de embriologia.*

Foi possível observar que os alunos demonstraram grande interesse e curiosidade nas

aulas onde a sequência didática foi aplicada. A participação dos estudantes foi grande nas aulas que envolviam o uso do computador, embora muitos tenham demonstrado limitações no uso desse instrumento.

Alguns alunos com desempenho mediano e pouca participação nas aulas teóricas se destacaram nas aulas de modelagem no site Tinkercad. Essa situação ilustra que é necessário diversificar a metodologia e as ferramentas, uma vez que os alunos são heterogêneos na sua maneira de aprender e ver o mundo.

É papel da escola preparar o aluno para atuação crítica e transformadora na sociedade estimulando o uso das TDICs no espaço escolar e dessa forma levando o aluno a adquirir conhecimento de maneira ativa, sendo protagonista de suas descobertas uma vez que essas tecnologias potencializam alternativas nas formas de interagir, agir, pensar e sentir.

Sendo assim, com base nas análises dos resultados, foi possível abstrair que o uso de modelos das estruturas embrionárias, produzidos por meio da modelagem e tecnologia de impressão 3D propiciam aos alunos do ensino médio uma aprendizagem significativa crítica em relação aos conceitos de embriologia, abrangendo os outros objetivos específicos deste trabalho: *Investigar, por meio de questionários de pré e pós-teste, o conhecimento prévio e adquirido do aluno após a aplicação das metodologias propostas e avaliar a aplicação da metodologia com uso de modelos em 3D, comparando com a metodologia tradicional, com imagens em 2D, para o ensino de embriologia.*

Para tal foram analisados os gráficos construídos através da análise descritiva interpretativa das respostas obtidas comparando o pré e pós-teste nas duas turmas participantes do projeto e as anotações particulares do diário de bordo da pesquisadora.

Através dessa metodologia foi possível que os alunos pudessem representar fisicamente o conteúdo aprendido. O aluno constrói uma representação interna dos conceitos com base nas suas concepções prévias. Se essa representação é funcional para o indivíduo ela se torna um obstáculo para a aprendizagem, mesmo se for uma representação inadequada.

A superação desse obstáculo promove a aprendizagem uma vez que essa representação não satisfaz o indivíduo, que abandona essas percepções construindo outras com os novos conceitos. Dessa maneira, em muitos casos, o aluno desaprende os conceitos inadequados. É o

princípio da desaprendizagem para a aquisição da aprendizagem significativa crítica.

Então, por meio da construção de modelos em 3D, o aluno desconstrói conceitos inadequados e imprecisos das estruturas embrionários formados a partir de uma percepção das mesmas por imagens em duas dimensões e constroem representações funcionais e adequadas dessas estruturas. E essa metodologia propicia a facilitação da aprendizagem significativa crítica evidenciando outro princípio, o da não utilização do quadro de giz, que ressalta o uso de diversas estratégias metodológicas.

Essa atmosfera onde o educando aprende fazendo propicia aprendizagem significativa crítica despertando o interesse e prazer em aprender. Além disso o aluno, por meio da técnica de modelagem e impressão em 3D, constrói uma sequência lógica do desenvolvimento embrionário tendo a atividade como base para a criação das representações correlatas com o conteúdo teórico.

Nesse sentido é possível concluir que houve aprendizagem nas duas turmas mas existem outras situações a serem observadas e consideradas como o perfil comportamental das turmas descritos no diário de classe da pesquisadora. A turma A apresentou um perfil mais crítico e também malicioso em relação à turma B, que se mostrou mais ingênua e com mais deficit de aprendizagem. Em muitas questões teóricas do pós-teste a turma A mostrou um rendimento maior porém, a mera repetição e memorização de ideias não resultam em aprendizagem propriamente dita.

A análise dos gráficos da pergunta 10 do pós-teste, onde investiga-se qual estrutura foi melhor compreendida através da metodologia aplicada em cada turma, corrobora essa ideia. A maioria dos alunos da turma A respondeu que foi a fórmula, a estrutura mais simples. Nenhum aluno mencionou estruturas mais complexas. Essa questão não dependia de pesquisas e conceitos, apenas do que foi aprendido. Já na resposta da turma B para essa questão foram mencionadas estruturas mais complexas, como a gástrula e a nêurula, evidenciando a compreensão do desenvolvimento e formação dessas estruturas.

Sendo assim não se pode negar que houve aprendizado na turma A porém, considerando as observações da pesquisadora e as análises dos testes aplicados, é seguro afirmar que houve mais aprendizado mecânico na turma A do que aprendizagem significativa crítica. Em contrapartida, na turma B, com base no seu perfil e nas respostas obtidas nos testes

é possível concluir que o uso de modelos em 3D, sua modelagem, impressão e uso em sala de aula contribuiu para a aprendizagem significativa crítica dos conceitos de embriologia.

Os resultados mostraram que os alunos superaram alguns obstáculos epistemológicos construindo representações funcionais das estruturas embrionárias, sendo protagonistas do processo ensino-aprendizagem, desconstruindo conceitos prévios inadequados para a formação do conhecimento significativo.

O senso comum é um exemplo de obstáculo ao aprendizado conforme a teoria proposta por Bachelard (1996), que cita ainda a experiência primeira, obstáculo verbal, o conhecimento unitário e pragmático, o substancialismo, realismo e animismo como obstáculos que trazem resistência e retrocesso na construção da aprendizagem significativa crítica. Essa aprendizagem ocorre quando há ruptura desses obstáculos, desestabilizando o conceito prévio do aluno, promovendo a desaprendizagem, citada por Moreira (2010) na teoria da aprendizagem significativa crítica.

Em se tratando do processo de ensino-aprendizagem observado no desenvolvimento deste projeto, percebe-se a atribuição de significados e o aprofundamento de conceitos do conteúdo de embriologia. A modelagem tridimensional apresenta uma abordagem potencialmente significativa para o ensino e aprendizagem, sobretudo na área de ciências naturais, além de produzir materiais didáticos diferenciados e inovadores.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, P. C. **Análise do conteúdo de embriologia no livro didáticos produzido no Timor-Leste pela cooperação brasileira em 2008**. 2011, 41 p. Monografia de Graduação (Licenciatura em Biologia) – Instituto de Ciências Biológicas, Universidade de Brasília, Brasília, 2011. Disponível em: <https://bdm.unb.br/handle/10483/1868>. Acesso em: 02 jun. 2020.

AGUIAR, L. de C. **Um processo para utilizar a tecnologia de impressão 3D na construção de instrumentos didáticos para o ensino de Ciências**. 2016. 226 o. Dissertação de Mestrado (Ensino de Ciências) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências, Bauru, 2016. Disponível em: https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/.../aguiar_ldcd_me_bauru.pdf?. Acesso em: 20 ago.2018.

ARYA, A. M. O.; SILVA, J. R. N.; LINO, A. Uma discussão sobre o papel do conhecimento prévio no ensino de física moderna e contemporânea: Traçando aproximações entre duas contribuições teóricas *In*: CONGRESO LATINOAMERICANO DE INVESTICAGIÓN EN DIDÁTICA DE LAS CIENCIAS EXPERIMENTALES, 1., 2014, Barranquilla, Colômbia. **Anais** [...]. Barranquilla: Universidad del Norte, 2014. p. 1-24. Disponível em: <http://laboratoriogrecia.cl/wp-content/uploads/downloads/2014/01/P7FIN.pdf>. Acesso em: 20 ago. 2020.

ASSMANN, A. *et al.* A embriologia humana e a extensão universitária. **Revista eletrônica de extensão**, Santa Catarina, v. 1, n. 1, p. 1-10, ISSN: 1807-0221, maio 2004. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/extensio/article/view/1167> Acesso em: 05 dez. 2018.

BACHELARD, G. **A Formação do Espírito Científico**: contribuição para uma psicanálise do conhecimento. 1 ed. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.

BORGES, A. T. Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Santa Catarina, v. 19, n. 3, p. 291-313, dez. 2002. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6607/6099>. Acesso em 02 jun. 2020

BRASIL. Ministério da Educação. **Lei de Diretrizes e Bases da Educação**. 1996. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=12907:legislacoes&catid=70:legislacoes . Acesso em: 20 jan. 2020.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Média e Tecnológica. **PCN+ ensino médio**: orientações educacionais complementares aos parâmetros curriculares nacionais. Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias. Brasília: MEC/SEMTEC, 2002. 144 p. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf> . Acesso em: 20 jan. 2020.

BRASIL. Conselho Nacional de Educação; Câmara de Educação Básica. **Parecer nº 5, de 4 de maio de 2011**. Diretrizes Curriculares Nacionais para o ensino médio. Diário Oficial da União, Brasília, 24 de janeiro de 2012, Seção 1, p. 10. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/index> Acesso em: 20 jan. 2020.

BRASIL. **LEI Nº 13.415, DE 16 DE FEVEREIRO DE 2017**. Altera as Leis nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996, que estabelece as diretrizes e bases da educação nacional, e 11.494, de 20 de junho 2007, que regulamenta o Fundo de Manutenção e Desenvolvimento da Educação Básica e de Valorização dos Profissionais da Educação, a Consolidação das Leis do Trabalho - CLT, aprovada pelo Decreto-Lei nº 5.452, de 1º de maio de 1943, e o Decreto-Lei nº 236, de 28 de fevereiro de 1967; revoga a Lei nº 11.161, de 5 de agosto de 2005; e institui a Política de Fomento à Implementação de Escolas de ensino médio em Tempo Integral. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2017/Lei/L13415.htm. Acesso em: 02 abr. 2020.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. 2018. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_site.pdf. Acesso em: 20 jan. 2020.

CABRAL, N. F. **Sequências didáticas. Estrutura & Elaboração**. 1 ed. Belém, Pará, 2017, 104 p. Disponível em: http://www.sbembrasil.org.br/files/sequencias_didaticas.pdf. Acesso em 20 jan. 2020.

CAMARGO, N. S. J. DE; BLASZKO C. E; UJIIE, N. T. O Ensino de Ciências e o Papel do Professor: Concepções de Professores dos Anos Iniciais do Ensino Fundamental. *In: EDUCERE 11.; SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE REPRESENTAÇÕES SOCIAIS, SUBJETIVIDADE E EDUCAÇÃO, 3.; SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE PROFISSIONALIZAÇÃO DOCENTE, 5.; ENCONTRO NACIONAL SOBRE ATENDIMENTO ESCOLAR HOSPITALAR, 9.*, 2015, Curitiba, Paraná. **Anais [...]**. Curitiba: Pontifícia Universidade Católica do Paraná, 2015. p. 2212 – 2227. Disponível em: http://educere.bruc.com.br/arquivo/pdf2015/19629_9505.pdf. Acesso em: 20 ago. 2018.

CAVALCANTI, D. B. **Abordagem sociocultural de saúde e ambiente para debater os problemas da dengue: Um enfoque CTSA no ensino de biologia**. 2012, 87 f. Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós- Graduação em Ciências, Tecnologia e Educação do Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, 2012.

CHASSOST, A. Alfabetização científica: uma possibilidade para a inclusão social. **Revista Brasileira de Educação**, Rio de Janeiro, n. 22, p. 89 – 100. 2003. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbedu/n22/n22a09.pdf>. Acesso em: 01 abr. 2020.

DOLZ, J.; NOVERRAZ, M.; SCHNEUWLY, B. Sequências Didáticas para o oral e a escrita: apresentação de um procedimento. *In: _____*. **Gêneros orais e escritos na escola**. Tradução de Roxana Rojo e Gláís Sales Cordeiro. São Paulo: Mercado das Letras, 2004. p. 81 – 108.

FERRETI, C. J. A reforma do ensino médio e sua questionável concepção de qualidade da educação. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 32, n. 93, 2018. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142018000200025. Acesso em 20 jan. 2020.

FILHO, J. E. C. C. Aprender é superar obstáculos: A aprendizagem na perspectiva Bachelardiana. *In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS – ENPEC*, 5., 2005, Bauru. **Atas [...]**. Bauru: ABRAPPEC, 2005. p. 1 – 10. Disponível em; http://abrapecnet.org.br/atas_enpec/venpec/conteudo/artigos/1/pdf/p148.pdf. Acesso em 20 ago. 2020

FREITAS, L. A. M. *et al.* Construção de modelos embriológicos com material reciclável para uso didático. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 24, n. 1, p. 91 - 97, 2008. Disponível em: [www.seer.ufu.br/biosciencejournal > article > download](http://www.seer.ufu.br/biosciencejournal/article/download). Acesso em: 12 maio 2020

GATTI, B. A. **Abordagens quantitativas e a pesquisa educacional**. Instituto de Matemática e estatística Universidade de São Paulo, 2012. Disponível em: <https://www.ime.usp.br/~marcos/Bernadete25052012.pdf>. Acesso em: 18 de out. 2017.

KLAUSEN, L. dos S. Aprendizagem Significativa: Um Desafio. *In: EDUCERE*, 13.; SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE REPRESENTAÇÕES SOCIAIS, SUBJETIVIDADE E EDCUAÇÃO, 4.; SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE PROFSSIONALIZAÇÃO DOCENTE, 6., 2017, Curitiba, Paraná. **Anais [...]**. Curitiba: Pontificia Universidade Católica do Paraná, 2017. p. 6403 – 6411. Disponível em https://educere.bruc.com.br/arquivo/pdf2017/25702_12706.pdf . Acesso em 12 mai. 2020.

LINHARES, S.; GEWANDSZNAJDER, F.; PACCA, H. **Biologia Hoje 1**, 3 ed. São Paulo: Ática, 2017.

MELLO, C. L. de O. **Ciências da Natureza e Suas Tecnologias – Biologia**. Rio de Janeiro, Fascículo 4, unidades 9 e 10, p. 35 - 60, 2016. Disponível em: https://cejarj.cecierj.edu.br/material_impreso/biologia/ceja_biologia_unidade_10.pdf. Com acesso em: 26 mai. 2020.

MOHR, A. VENTURI, T. Fundamentos e objetivos da Educação em Saúde na escola: contribuições do conceito de alfabetização científica. **Revista Enseñanza de las Ciencias**, Número Extra. Trabalho apresentado no 9º Congreso internacional sobre invetigación em Didáctica de las Ciencias. Girona, Espanha: 2013.

MOORE, K. L.; PERSAUD, T. V. N. **Embriologia clínica**. 5. ed. São Paulo: Guanabara Koogan, 1994.

MORAES, S. G. ; MUNIZ, A de L. Utilização de modelos em 3D como recurso didático no ensino de embriologia do sistema nervoso central. **Revista da Faculdade de Ciências Médicas de Sorocaba**, Sorocaba, 2018; 20 (Supl.). Disponível em: <https://doaj.org/article/f6420f1fdc6e4624868ad67024a18b76> . Acesso em:18 jan.2020.

MOREIRA, M. A. Diagrama em V e aprendizagem significativa. **Revista Chilena de Educación Científica**, Chile, v. 6, n. 2, 2007, pp. 3-12. Revisado em 2012.

MOREIRA, M. A. Organizadores prévios e Aprendizagem significativa. **Revista Chilena de Educación Científica**, Chile, v. 7, n. 2, 2008, p. 23-30. Revisado em 2012.

MOREIRA, M. A. Subsídios Teóricos para o Professor Pesquisador em Ensino de Ciências. **A Teoria da Aprendizagem Significativa**. 1 ed. Porto Alegre, 2009. Revisado em 2016. Disponível em <https://www.if.ufrgs.br/~moreira/Subsidios6.pdf>. Acesso em: 19 abr. 2019.

MOREIRA, M. A. **Aprendizaje Significativo Crítico**. 2 ed. 2010. Disponível em <http://moreira.if.ufrgs.br/apsigcritport.pdf> . Acesso em: 19 abr. 2019.

MOREIRA, M. A. Aprendizagem significativa: um conceito subjacente. **Aprendizagem Significativa em Revista/ Meaningful Learning Review**, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, v. 1, n. 3, 2011, p 25 - 43. Revisado em 2012. Disponível em: https://lief.if.ufrgs.br/pub/cref/pe_Goulart/Material_de_Apoio/Referencial%20Teorico%20-%20Artigos/Aprendizagem%20Significativa.pdf. Acesso em 20 abr. 2019.

MOREIRA, M. A; MASSONI, N. T. **Subsídios Epistemológicas para o Professor Pesquisador em Ensino de Ciências. Epistemologias do séc XX**. 2ed. Porto Alegre, 2016. Disponível em <http://moreira.if.ufrgs.br/Subsidios8.pdf>. Acesso em: 19 abr. 2019.

OLIVEIRA, C. M. de.; BERNARDO, A. M. G.; NOGUEIRA, N. O. Aprendizagem significativa no ensino de biologia do Ensino Médio. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**, São Paulo, ano 05, ed. 02, v. 02, p. 129-152. Fevereiro de 2020. ISSN: 2448-0959, Disponível em: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/educacao/biologia-do-ensino-medio>. Acesso em: 22 ago. 2020

OLIVEIRA, E. Pesquisa-ação. **Site Infoescola**, s.d. Disponível em www.infoescola.com/pedagogia/pesquisa-acao/. Acesso em: 19 out. 2018.

PASSERI, M. E. Aprendizagem Significativa no Ensino de Ciências: Alimentos Diet e Light através de recursos tecnológicos. **Site Dia a dia Educação**, 2007. Disponível em <http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/pde/arquivos/662-4.pdf> . Acesso em: 20 abr. 2019.

PAVANI, H. M. I. **O ato de aprender**. 2013. Disponível em: <https://www.portaleducacao.com.br/conteudo/artigos/educacao/o-ato-de-aprender/49997>. Acesso em: 21 ago. 2020.

PELIZZARI, A.; *et al.* Teoria da Aprendizagem Significativa Segundo Ausubel. **Revista PEC**, Curitiba, v. 2, n. 1, p. 37 - 42, 2002. Disponível em <http://portaldoprofessor.mec.gov.br/storage/materiais/0000012381.pdf>. Acesso em: 20 jan. 2020.

PEREIRA. L. C. **Aprendizagem**. Disponível em <https://www.infoescola.com/educacao/aprendizagem/>, s.d. Acesso em : 21 ago. 2020.

PESSOA, A. C. G. Sequência didática. **Glossário Ceale**, s.d. Disponível em: <http://www.ceale.fae.ufmg.br/app/webroot/glossarioceale/verbetes/sequencia-didatica>. Acesso em: 03 de mai. 2020

SALMITO-VANDERLEY, C. S. B; SANTANA, I. C. H. **Histologia e embriologia Animal Comparada**. 2. ed. Fortaleza. EDUEC. 2015. 154 p.

SANTOS, J. C. F. dos. **Aprendizagem Significativa: modalidades de aprendizagem e o papel do professor**. Porto Alegre: Mediação, 2008.

SILVA, S. do N.; LOUREIRO, C. F. B. As Vozes de Professores-Pesquisadores do Campo da Educação Ambiental sobre a Base Nacional Comum Curricular (BNCC): Educação Infantil ao Ensino Fundamental. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 26, 2020. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-73132020000100203. Acesso em 01 set. 2020.

STANGE, C. E. B. **Indicadores de Avaliação sobre Propostas de Atividades Práticas: Instrumentação para Professores de Ciências em Formação**. Orientador: Dr. Marco Antônio Moreira. 2018. Tesia Doctoral – Universidad de Burgos Programa Internacional de Doctorado Enseñanza De Las Ciencias. Departamento de Didácticas Específicas. Burgos, abril de 2018.

STANGE, C. E. B.; MOREIRA, M. A.; VILLAGRÁ, J. A. M. Proposta de um modelo estrutural descritivo interpretativo para a análise de testes (questionários) em investigação de ensino. **Ensino e Tecnologia em Revista**, Curitiba, v. 2, n. 2, p. 127- 147, 2018. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/etr/article/view/8299>. Acesso em 02 jun. 2020.

TUMELERO, N. **Pesquisa participante: O que é, passos metodológicos e pesquisa-ação**. **Blog Mettzer**, outubro de 2019. Disponível em: <https://blog.mettzer.com/pesquisa-participante/>. Acesso em: 17 abr. 2020.

VIGOTSKI, L. S. **Pensamento e linguagem**. São Paulo: Martins Fontes, 1999.

ZANOLLA, S. R. S. O conceito de mediação em Vigotski e Adorno. **Psicologia & Sociedade**, Belo Horizonte, v. 24, n.1, p. 5 – 14, 2012. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-71822012000100002. Acesso em: 02 abr. 2020.

ANEXOS

Anexo I

Tutorial para iniciantes em modelagem 3D no site Tinkercad

O Tinkercad é um programa on-line gratuito de modelagem em 3D que roda em um navegador da web, conhecido por sua simplicidade e facilidade de uso. Os projetos modelados ficam salvos na conta do usuário e podem ser acessados em qualquer computador com acesso à internet e não precisa ser um computador com configurações avançadas. O usuário pode fazer uma conta como professor, que poderá criar turmas (classes) e enviar o código das mesmas para os alunos, que poderão acessar o site sem precisar realizar uma conta ou cadastro e o professor terá acesso online ao trabalho realizado pelo aluno. O tutorial, com o passo a passo para acessar o site, modelar imagens em 3D e montar as turmas está no vídeo abaixo, basta acessar o link.

<https://youtu.be/wk-JSpSBMCw> – Uso do site Tinkercad para professores

Disponível no canal do youtube – Vanina Roncaglio

https://www.youtube.com/channel/UCBfuzb794UfJkQiySVfzQnw?view_as=subscriber

Anexo II

Questões para o pré-teste. (Turmas A e B)

1) Na sua opinião, o que estuda a embriologia?

Objetivos para a questão: Identificar o conhecimento prévio do aluno sobre embriologia, se o aluno reconhece o objeto de estudo da embriologia.

Resposta considerada ideal: área da Biologia que estuda o processo de formação do embrião a partir de uma única célula, o zigoto, que originará um novo ser vivo.

Conceitos necessários: célula, formação de um novo ser, reprodução e fecundação.

2) Como você imagina a formação de um bebê, desde a fecundação?

Objetivos para a questão: Reconhecer as etapas de formação do embrião, diferenciação celular. Identificar os folhetos embrionários e organogênese.

Resposta considerada ideal: O desenvolvimento embrionário é o período compreendido entre a fecundação e o nascimento, no ser humano, ocorre de modo contínuo mas podem ser

distinguidos dois períodos, o período embrionário e o fetal. Durante o desenvolvimento embrionário, formam-se estruturas que originarão os tecidos embrionários e os diferentes órgãos do indivíduo.

Conceitos necessários: *Definição de embrião. Etapas e definição da embriologia. Gestação. Fecundação.*

3) Sabemos que os seres vivos se desenvolvem a partir de uma única célula. No caso dos animais, essa célula se forma após a fecundação dos gametas, formando a célula-ovo. Como você acha que um ser pluricelular, com células diferentes, se desenvolve a partir de uma única célula? Como você explica a diferenciação celular e formação dos tecidos e órgãos no novo ser?

Objetivos para a questão: *Identificar a fecundação, formação da célula-ovo e a diferenciação celular para a formação de um novo indivíduo, reconhecendo a origem genética.*

Resposta considerada ideal: *O núcleo do espermatozoide se une com o núcleo do ovócito, formando a célula-ovo. Essa célula irá se dividir em várias células. Esse processo acontece durante o desenvolvimento embrionário. Ao longo do crescimento embrionário alguns genes são ativados e outros desativados. Dessa maneira surge a diferenciação celular, ou seja, tipos celulares com formatos e funções distintos, que organizam os diversos tecidos e posteriormente formarão os órgãos.*

Conceitos necessários: *célula, formação de um novo ser, reprodução, fecundação, diferenciação celular, tecidos, sistemas e organização do ser vivo.*

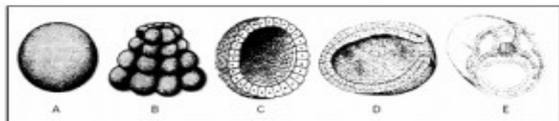
4) Todos os animais possuem o mesmo desenvolvimento embrionário? Quais diferenças existem entre a embriologia humana e dos outros animais? E quais semelhanças você pode perceber?

Objetivos para a questão: *Reconhecer as etapas de formação do embrião, diferenciação celular. Identificar os tipos de ovos de acordo com a quantidade de vitelo e sua segmentação.*

Resposta considerada ideal: *Os animais possuem desenvolvimento embrionários diferentes, começando com os tipos de óvulos que são diferentes na quantidade de vitelo e conseqüentemente possuirão segmentações diferentes. Existem , semelhanças nos desenvolvimentos embrionários, principalmente entre os mamíferos, uma vez que existe um ancestral comum. Uma das semelhanças que se pode citar é a formação dos folhetos embrionários.*

Conceitos necessários: *Definição de embrião. Etapas e definição da embriologia. Tipos de ovos, vitelo, segmentação.*

5) Nas aulas de Biologia vimos vídeos (organizadores prévios) com as fases iniciais do desenvolvimento embrionário do anfioxo. Essas fases (zigoto, mórula, blástula, gástrula e nêurula) estão representadas na figura abaixo.



Fonte: <https://descomplica.com.br/blog/materiais-de-estudo/biologia/questoes-comentadas-embriogenese/>

Essas fases acontecem no desenvolvimento embrionário do ser humano, da mesma forma que no desenvolvimento embrionário do anfioxo? Que relação é possível estabelecer entre o desenvolvimento embrionário do anfioxo e do ser humano?

Objetivos para a questão: Reconhecer as etapas de formação do embrião, segmentação, diferenciação celular. Formação dos folhetos embrionários e organogênese.

Resposta considerada ideal:

Na espécie humana as principais fases do desenvolvimento do embrião são a clivagem ou segmentação, gastrulação e organogênese. Durante a clivagem as divisões mitóticas são rápidas e dão origem as células chamadas blastômeros. Diante da velocidade com que as células se dividem, o embrião apresenta aumento do número delas, mas não de tamanho. O primeiro estágio da clivagem é a mórula, um maciço celular originado entre o terceiro e quarto dia após a fecundação. Na segunda e última etapa ocorre a blástula, onde as células delimitam uma cavidade interna chamada blastocelo, cheia de um líquido produzido pelas próprias células. Até a fase de blástula as células embrionárias são chamadas de células-tronco, que podem originar todos os diferentes tipos de célula do corpo. A partir da blástula, inicia a fase de gastrulação, onde o embrião começa a aumentar de tamanho e surge o intestino primitivo ou arquêntero e ocorre a diferenciação dos folhetos germinativos ou embrionários. Os folhetos darão origem aos diferentes tecidos do corpo e se dividem em ectoderme, endoderme e mesoderme. Ao final da gastrulação, o embrião é chamado de gástrula. A última fase do desenvolvimento embrionário é a organogênese, onde ocorre a diferenciação dos tecidos e órgãos. O primeiro estágio dela é a neurulação, quando há formação do tubo neural, que se diferenciará no sistema nervoso central. Durante a neurulação, o embrião recebe o nome de nêurula.

O desenvolvimento embrionário do anfioxo possui as mesmas fases, tendo como diferenças, os tipos de ovo, as clivagens e formação dos blastômeros.

Conceitos necessários: Etapas da formação do embrião, divisão celular, fecundação. Segmentação.

6) O estudo dos conceitos de embriologia auxiliam na compreensão de outras áreas da Biologia, como evolução e taxonomia animal. De que maneira você compreende essa relação, entre a embriologia, evolução e taxonomia animal?

Objetivos para a questão: Reconhecer mecanismos de transmissão da vida, prevendo ou explicando a manifestação de características dos seres vivos. Compreender o papel da evolução na produção de padrões, processos biológicos ou na organização taxonômica dos seres vivos. Identificar as estruturas embriológicas, folhetos embrionários como critérios taxonômicos. Relacionar as diferentes áreas da Biologia.

Resposta considerada ideal: Durante o desenvolvimento embrionário formam-se folheto embrionários e presença ou ausência de celoma. Forma-se também o arquêntero (intestino primitivo) e o blastóporo (abertura do arquêntero). Essas estruturas são usadas para a classificação taxonômica do reino animal dentro dos filos: como Diblástico ou Triblástico (dois ou três folhetos embrionários); Acelomado, Pseudocelomado ou Celomado (referente a presença de celoma, que é relacionado com a mesoderme); Protostômio ou Deuterostômio (quando o blastóporo dá origem a boca ou ao ânus).

Conceitos necessários: Interpretar modelos e experimentos para explicar fenômenos ou processos biológicos em qualquer nível de organização dos sistemas biológicos. Identificar os diferentes objetos de estudo da Biologia e relacionando as diferentes áreas.

7) O estudo da embriologia é importante para o desenvolvimento de novas tecnologias como clonagem terapêutica, por exemplo? Explique com suas palavras.

Objetivos para a questão: Reconhecer mecanismos de transmissão da vida, prevendo ou explicando a manifestação de características dos seres vivos. Identificar as estruturas embriológicas associando a diferenciação celular com a formação de tecidos e o desenvolvimento da clonagem terapêutica.

Resposta considerada ideal: Após a fecundação forma-se a célula-ovo, que sofrerá divisão celular, originando várias células sem diferenciação. São essas células que formarão os folhetos embrionários que originarão todos os tecidos e sistemas do organismo. Com base nesse conhecimento é possível desenvolver clones de tecidos a partir dessas células para a cura de doenças, traumas ou transplantes de células/tecidos.

Conceitos necessários: célula, tecido, célula-tronco, embrião, clonagem, reprodução, fecundação e embrião.

8) Em quais aspectos o conteúdo de embriologia é importante na sua vida?

Objetivos para a questão: Reconhecer mecanismos de transmissão da vida, prevendo ou explicando a manifestação de características dos seres vivos. Reconhecer o processo de formação do indivíduo.

Resposta considerada ideal: Essa é uma resposta com base na vida pessoal do aluno, mas espera-se que o aluno consiga identificar, no mínimo, o uso de células-tronco, os diferentes tipos de células-tronco e as terapias oriundas dessas pesquisas.

Conceitos necessários: Definir embriologia. Identificar as etapas da formação do embrião. Observar e identificar os folhetos embrionários e a origem de diferentes partes do corpo. Segmentação e formação dos blastômeros.

9) Para você, qual é a melhor maneira de aprender embriologia, através de figuras e desenhos ou com modelos em três dimensões (3D)? Por quê?

Objetivos para a questão: Identificar o entendimento do aluno sobre qual metodologia ele avalia como ideal para a aquisição da aprendizagem.

Resposta considerada ideal: O modelo em 3D se mostra como uma ótima alternativa para a compreensão real dos modelos embrionários uma vez que são estruturas que são “vistas” em figuras. Com os modelos em 3D é possível criar um modelo mental funcional sobre o desenvolvimento embrionário.

Conceitos necessários: Metodologia, aprendizagem significativa e aquisição de conteúdo.

10) O que você acha de estudar através de modelos em 3D? Você acha que aprenderia melhor o conteúdo demonstrado através desta metodologia?

Objetivos para a questão: Identificar o entendimento do aluno sobre qual metodologia ele avalia como ideal para a aquisição da aprendizagem.

Resposta considerada ideal: O modelo em 3D se mostra como uma nova metodologia para aquisição do conhecimento em qualquer disciplina, construindo aprendizagem significativa.

Conceitos necessários: Metodologia, aprendizagem significativa e aquisição de conteúdo.

Anexo III

Questões para o pós-teste (Turma A – metodologia tradicional)

1) Na sua opinião, o que estuda a embriologia?

Objetivos para a questão: Identificar o conhecimento prévio do aluno sobre embriologia, se o aluno reconhece o objeto de estudo da embriologia.

Resposta considerada ideal: área da Biologia que estuda o processo de formação do embrião a partir de uma única célula, o zigoto, que originará um novo ser vivo.

Conceitos necessários: célula, formação de um novo ser, reprodução e fecundação.

2) Como você imagina a formação de um bebê, desde a fecundação?

Objetivos para a questão: Reconhecer as etapas de formação do embrião, diferenciação celular. Identificar os folhetos embrionários e organogênese.

Resposta considerada ideal: O desenvolvimento embrionário é o período compreendido entre a fecundação e o nascimento, no ser humano, ocorre de modo contínuo mas podem ser distinguidos dois períodos, o período embrionário e o fetal. Durante o desenvolvimento embrionário, formam-se estruturas que originarão os tecidos embrionários e os diferentes órgãos do indivíduo.

Conceitos necessários: Definição de embrião. Etapas e definição da embriologia. Gestação. Fecundação.

3) Sabemos que os seres vivos se desenvolvem a partir de uma única célula. No caso dos animais, essa célula se forma após a fecundação dos gametas, formando a célula ovo. Como você acha que um ser pluricelular, com células diferentes, se desenvolve a partir de uma única célula? Como você explica a diferenciação celular e formação dos tecidos e órgãos no novo ser?

Objetivos para a questão: Identificar a fecundação, formação da célula-ovo e a diferenciação celular para a formação de um novo indivíduo, reconhecendo a origem genética.

Resposta considerada ideal: O núcleo do espermatozoide se une com o núcleo do ovócito, formando a célula-ovo. Essa célula irá se dividir em várias células. Esse processo acontece durante o desenvolvimento embrionário. Ao longo do crescimento embrionário alguns genes são ativados e outros desativados. Dessa maneira surge a diferenciação celular, ou seja, tipos celulares com formatos e funções distintos, que organizam os diversos tecidos e posteriormente formarão os órgãos.

Conceitos necessários: célula, formação de um novo ser, reprodução, fecundação, diferenciação celular, tecidos, sistemas e organização do ser vivo.

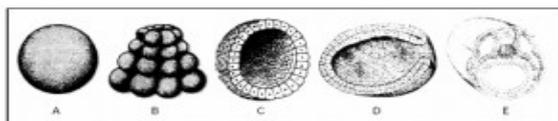
4) Todos os animais possuem o mesmo desenvolvimento embrionário? Quais diferenças existem entre a embriologia humana e dos outros animais? E quais semelhanças você pode perceber?

Objetivos para a questão: Reconhecer as etapas de formação do embrião, diferenciação celular. Identificar os tipos de ovos de acordo com a quantidade de vitelo e sua segmentação.

Resposta considerada ideal: Os animais possuem desenvolvimento embrionários diferentes, começando com os tipos de óvulos que são diferentes na quantidade de vitelo e conseqüentemente possuirão segmentações diferentes. Existem, semelhanças nos desenvolvimentos embrionários, principalmente entre os mamíferos, uma vez que existe um ancestral comum. Uma das semelhanças que se pode citar é a formação dos folhetos embrionários.

Conceitos necessários: Definição de embrião. Etapas e definição da embriologia. Tipos de ovos, vitelo, segmentação.

5) Nas aulas de Biologia vimos vídeos (organizadores prévios) com as fases iniciais do desenvolvimento embrionário do anfioxo. Essas fases (zigoto, mórula, blástula, gástrula e nêurula) estão representadas na figura abaixo.



Fonte: <https://descomplica.com.br/blog/materiais-de-estudo/biologia/questoes-comentadas-embriogenese/>

Essas fases acontecem no desenvolvimento embrionário do ser humano, da mesma forma que no desenvolvimento embrionário do anfioxo? Que relação é possível estabelecer entre o desenvolvimento embrionário do anfioxo e do ser humano?

Objetivos para a questão: Reconhecer as etapas de formação do embrião, segmentação, diferenciação celular. Formação dos folhetos embrionários e organogênese.

Resposta considerada ideal:

Na espécie humana as principais fases do desenvolvimento do embrião são a clivagem ou segmentação, gastrulação e organogênese. Durante a clivagem as divisões mitóticas são rápidas e dão origem as células chamadas blastômeros. Diante da velocidade com que as células se dividem, o embrião apresenta aumento do número delas, mas não de tamanho. O primeiro estágio da clivagem é a mórula, um maciço celular originado entre o terceiro e quarto dia após a fecundação. Na segunda e última etapa ocorre a blástula, onde as células delimitam uma cavidade interna chamada blastocele, cheia de um líquido produzido pelas

próprias células. Até a fase de blástula as células embrionárias são chamadas de células-tronco, que podem originar todos os diferentes tipos de célula do corpo. A partir da blástula, inicia a fase de gastrulação, onde o embrião começa a aumentar de tamanho e surge o intestino primitivo ou arquêntero e ocorre a diferenciação dos folhetos germinativos ou embrionários. Os folhetos darão origem aos diferentes tecidos do corpo e se dividem em ectoderme, endoderme e mesoderme. Ao final da gastrulação, o embrião é chamado de gástrula. A última fase do desenvolvimento embrionário é a organogênese, onde ocorre a diferenciação dos tecidos e órgãos. O primeiro estágio dela é a neurulação, quando há formação do tubo neural, que se diferenciará no sistema nervoso central. Durante a neurulação, o embrião recebe o nome de nêurula.

O desenvolvimento embrionário do anfioxo possui as mesmas fases, tendo como diferenças, os tipos de ovo, as clivagens e formação dos blastômeros.

Conceitos necessários: *Etapas da formação do embrião, divisão celular, fecundação. Segmentação.*

6) O estudo dos conceitos de embriologia auxiliam na compreensão de outras áreas da Biologia, como evolução e taxonomia animal. De que maneira você compreende essa relação, entre a embriologia, evolução e taxonomia animal?

Objetivos para a questão: *Reconhecer mecanismos de transmissão da vida, prevendo ou explicando a manifestação de características dos seres vivos. Compreender o papel da evolução na produção de padrões, processos biológicos ou na organização taxonômica dos seres vivos. Identificar as estruturas embriológicas, folhetos embrionários como critérios taxonômicos. Relacionar as diferentes áreas da Biologia.*

Resposta considerada ideal: *Durante o desenvolvimento embrionário formam-se folheto embrionários e presença ou ausência de celoma. Forma-se também o arquêntero (intestino primitivo) e o blastóporo (abertura do arquêntero). Essas estruturas são usadas para a classificação taxonômica do reino animal dentro dos filos: como Diblástico ou Triblástico (dois ou três folhetos embrionários); Acelomado, Pseudocelomado ou Celomado (referente a presença de celoma, que é relacionado com a mesoderme); Protostômio ou Deuterostômio (quando o blastóporo dá origem a boca ou ao ânus).*

Conceitos necessários: *Interpretar modelos e experimentos para explicar fenômenos ou processos biológicos em qualquer nível de organização dos sistemas biológicos. Identificar os diferentes objetos de estudo da Biologia e relacionando as diferentes áreas.*

7) O estudo da embriologia é importante para o desenvolvimento de novas tecnologias como clonagem terapêutica, por exemplo? Explique com suas palavras.

Objetivos para a questão: Reconhecer mecanismos de transmissão da vida, prevendo ou explicando a manifestação de características dos seres vivos. Identificar as estruturas embriológicas associando a diferenciação celular com a formação de tecidos e o desenvolvimento da clonagem terapêutica.

Resposta considerada ideal: Após a fecundação forma-se a célula-ovo, que sofrerá divisão celular, originando várias células sem diferenciação. São essas células que formarão os folhetos embrionários que originarão todos os tecidos e sistemas do organismo. Com base nesse conhecimento é possível desenvolver clones de tecidos a partir dessas células para a cura de doenças, traumas ou transplantes de células/tecidos.

Conceitos necessários: célula, tecido, célula-tronco, embrião, clonagem, reprodução, fecundação e embrião.

8) Em quais aspectos o conteúdo de embriologia é importante na sua vida?

Objetivos para a questão: Reconhecer mecanismos de transmissão da vida, prevendo ou explicando a manifestação de características dos seres vivos. Reconhecer o processo de formação do indivíduo.

Resposta considerada ideal: Essa é uma resposta com base na vida pessoal do aluno, mas espera-se que o aluno consiga identificar, no mínimo, o uso de células-tronco, os diferentes tipos de células-tronco e as terapias oriundas dessas pesquisas.

Conceitos necessários: Definir embriologia. Identificar as etapas da formação do embrião. Observar e identificar os folhetos embrionários e a origem de diferentes partes do corpo. Segmentação e formação dos blastômeros.

9) Para você foi fácil aprender sobre as estruturas embriológicas fazendo uso apenas de figuras e desenhos bidimensionais? Explique.

Objetivos para a questão: Identificar a opinião do aluno sobre a metodologia aplicada.

Resposta considerada ideal: Essa é uma resposta com base na experiência individual do aluno, mas espera-se que ele identifique uma defasagem metodológica no uso de figuras bidimensionais apenas.

Conceitos necessários: Metodologia, aprendizagem significativa e aquisição de conteúdo.

10) Qual estrutura você conseguiu compreender melhor com essa abordagem metodológica (figuras bidimensionais)?

Objetivos para a questão: Identificar a opinião do aluno sobre a metodologia aplicada e a aquisição do conteúdo.

Resposta considerada ideal: Essa é uma resposta com base na experiência individual do aluno, espera-se que ele aponte a primeira estrutura (mórula) por ser mais fácil de criar um modelo mental com base apenas na imagem bidimensional.

Conceitos necessários: Metodologia, aprendizagem significativa e aquisição de conteúdo.

11) Você acha que seria mais fácil ou mais difícil aprender através de modelos em 3D? Por que?

Objetivos para a questão: Identificar a opinião do aluno sobre a metodologia aplicada e a aquisição do conteúdo. **Resposta considerada ideal:** Essa é uma resposta com base na experiência individual do aluno, espera-se que ele identifique o uso de modelos em 3D como um facilitador do processo ensino-aprendizagem.

Conceitos necessários: Metodologia, aprendizagem significativa e aquisição de conteúdo.

Anexo IV

Questões para o pós-teste (Turma B – uso de modelos em 3D)

1) Na sua opinião, o que estuda a embriologia?

Objetivos para a questão: Identificar o conhecimento prévio do aluno sobre embriologia, se o aluno reconhece o objeto de estudo da embriologia.

Resposta considerada ideal: área da Biologia que estuda o processo de formação do embrião a partir de uma única célula, o zigoto, que originará um novo ser vivo.

Conceitos necessários: célula, formação de um novo ser, reprodução e fecundação.

2) Como você imagina a formação de um bebê, desde a fecundação?

Objetivos para a questão: Reconhecer as etapas de formação do embrião, diferenciação celular. Identificar os folhetos embrionários e organogênese.

Resposta considerada ideal: O desenvolvimento embrionário é o período compreendido entre a fecundação e o nascimento, no ser humano, ocorre de modo contínuo mas podem ser distinguidos dois períodos, o período embrionário e o fetal. Durante o desenvolvimento embrionário, formam-se estruturas que originarão os tecidos embrionários e os diferentes órgãos do indivíduo.

Conceitos necessários: Definição de embrião. Etapas e definição da embriologia. Gestação. Fecundação.

3) Sabemos que os seres vivos se desenvolvem a partir de uma única célula. No caso dos animais, essa célula se forma após a fecundação dos gametas, formando a célula-ovo. Como você acha que um ser pluricelular, com células diferentes, se desenvolve a partir de uma única célula? Como você explica a diferenciação celular e formação dos tecidos e órgãos no novo ser?

Objetivos para a questão: Identificar a fecundação, formação da célula-ovo e a diferenciação celular para a formação de um novo indivíduo, reconhecendo a origem genética.

Resposta considerada ideal: O núcleo do espermatozoide se une com o núcleo do ovócito, formando a célula-ovo. Essa célula irá se dividir em várias células. Esse processo acontece durante o desenvolvimento embrionário. Ao longo do crescimento embrionário alguns genes são ativados e outros desativados. Dessa maneira surge a diferenciação celular, ou seja, tipos celulares com formatos e funções distintos, que organizam os diversos tecidos e posteriormente formarão os órgãos.

Conceitos necessários: célula, formação de um novo ser, reprodução, fecundação, diferenciação celular, tecidos, sistemas e organização do ser vivo.

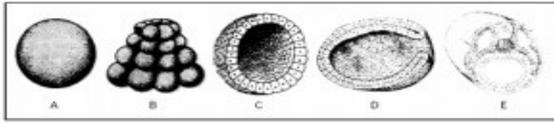
4) Todos os animais possuem o mesmo desenvolvimento embrionário? Quais diferenças existem entre a embriologia humana e dos outros animais? E quais semelhanças você pode perceber?

Objetivos para a questão: Reconhecer as etapas de formação do embrião, diferenciação celular. Identificar os tipos de ovos de acordo com a quantidade de vitelo e sua segmentação.

Resposta considerada ideal: Os animais possuem desenvolvimentos embrionários diferentes, começando com os tipos de óvulos que são diferentes na quantidade de vitelo e conseqüentemente possuirão segmentações diferentes. Existem , semelhanças nos desenvolvimentos embrionários, principalmente entre os mamíferos, uma vez que existe um ancestral comum. Uma das semelhanças que se pode citar é a formação dos folhetos embrionários.

Conceitos necessários: Definição de embrião. Etapas e definição da embriologia. Tipos de ovos, vitelo, segmentação.

5) Nas aulas de Biologia vimos vídeos (organizadores prévios) com as fases iniciais do desenvolvimento embrionário do anfioxo. Essas fases (zigoto, mórula, blástula, gástrula e néurula) estão representadas na figura abaixo.



Fonte: <https://descomplica.com.br/blog/materiais-de-estudo/biologia/questoes-comentadas-embriogenese/>

Essas fases acontecem no desenvolvimento embrionário do ser humano, da mesma forma que no desenvolvimento embrionário do anfioxo? Que relação é possível estabelecer entre o desenvolvimento embrionário do anfioxo e do ser humano?

Objetivos para a questão: Reconhecer as etapas de formação do embrião, segmentação, diferenciação celular. Formação dos folhetos embrionários e organogênese.

Resposta considerada ideal:

Na espécie humana as principais fases do desenvolvimento do embrião são a clivagem ou segmentação, gastrulação e organogênese. Durante a clivagem as divisões mitóticas são rápidas e dão origem as células chamadas blastômeros. Diante da velocidade com que as células se dividem, o embrião apresenta aumento do número delas, mas não de tamanho. O primeiro estágio da clivagem é a mórula, um maciço celular originado entre o terceiro e quarto dia após a fecundação. Na segunda e última etapa ocorre a blástula, onde as células delimitam uma cavidade interna chamada blastocele, cheia de um líquido produzido pelas próprias células. Até a fase de blástula as células embrionárias são chamadas de células-tronco, que podem originar todos os diferentes tipos de célula do corpo. A partir da blástula, inicia a fase de gastrulação, onde o embrião começa a aumentar de tamanho e surge o intestino primitivo ou arquêntero e ocorre a diferenciação dos folhetos germinativos ou embrionários. Os folhetos darão origem aos diferentes tecidos do corpo e se dividem em ectoderme, endoderme e mesoderme. Ao final da gastrulação, o embrião é chamado de gástrula. A última fase do desenvolvimento embrionário é a organogênese, onde ocorre a diferenciação dos tecidos e órgãos. O primeiro estágio dela é a neurulação, quando há formação do tubo neural, que se diferenciará no sistema nervoso central. Durante a neurulação, o embrião recebe o nome de nêurula.

O desenvolvimento embrionário do anfioxo possui as mesmas fases, tendo como diferenças, os tipos de ovo, as clivagens e formação dos blastômeros.

Conceitos necessários: Etapas da formação do embrião, divisão celular, fecundação. Segmentação.

6) O estudo dos conceitos de embriologia auxiliam na compreensão de outras áreas da Biologia, como evolução e taxonomia animal. De que maneira você compreende essa relação, entre a embriologia, evolução e taxonomia animal?

Objetivos para a questão: Reconhecer mecanismos de transmissão da vida, prevendo ou explicando a manifestação de características dos seres vivos. Compreender o papel da evolução na produção de padrões, processos biológicos ou na organização taxonômica dos seres vivos. Identificar as estruturas embriológicas, folhetos embrionários como critérios taxonômicos. Relacionar as diferentes áreas da Biologia.

Resposta considerada ideal: Durante o desenvolvimento embrionário formam-se folheto embrionários e presença ou ausência de celoma. Forma-se também o arquêntero (intestino primitivo) e o blastóporo (abertura do arquêntero). Essas estruturas são usadas para a classificação taxonômica do reino animal dentro dos filos: como Diblástico ou Triblástico (dois ou três folhetos embrionários); Acelomado, Pseudocelomado ou Celomado (referente a presença de celoma, que é relacionado com a mesoderme); Protostômio ou Deuterostômio (quando o blastóporo dá origem a boca ou ao ânus).

Conceitos necessários: Interpretar modelos e experimentos para explicar fenômenos ou processos biológicos em qualquer nível de organização dos sistemas biológicos. Identificar os diferentes objetos de estudo da Biologia e relacionando as diferentes áreas.

7) O estudo da embriologia é importante para o desenvolvimento de novas tecnologias como clonagem terapêutica, por exemplo? Explique com suas palavras.

Objetivos para a questão: Reconhecer mecanismos de transmissão da vida, prevendo ou explicando a manifestação de características dos seres vivos. Identificar as estruturas embriológicas associando a diferenciação celular com a formação de tecidos e o desenvolvimento da clonagem terapêutica.

Resposta considerada ideal: Após a fecundação forma-se a célula-ovo, que sofrerá divisão celular, originando várias células sem diferenciação. São essas células que formarão os folhetos embrionários que originarão todos os tecidos e sistemas do organismo. Com base nesse conhecimento é possível desenvolver clones de tecidos a partir dessas células para a cura de doenças, traumas ou transplantes de células/tecidos.

Conceitos necessários: célula, tecido, célula-tronco, embrião, clonagem, reprodução, fecundação e embrião.

8) Em quais aspectos o conteúdo de embriologia é importante na sua vida?

Objetivos para a questão: Reconhecer mecanismos de transmissão da vida, prevendo ou explicando a manifestação de características dos seres vivos. Reconhecer o processo de formação do indivíduo.

Resposta considerada ideal: Essa é uma resposta com base na vida pessoal do aluno, mas espera-se que o aluno consiga identificar, no mínimo, o uso de células-tronco, os diferentes tipos de células-tronco e as terapias oriundas dessas pesquisas.

Conceitos necessários: Definir embriologia. Identificar as etapas da formação do embrião. Observar e identificar os folhetos embrionários e a origem de diferentes partes do corpo. Segmentação e formação dos blastômeros.

9) Utilizar modelos em 3D é uma forma diferente de estudar. Neste sentido, estes modelos 3D ajudaram a visualizar melhor as estruturas ou as ilustrações (modelos em 2D) ajudam mais?

Objetivos para a questão: Identificar a opinião do aluno sobre a metodologia aplicada.

Resposta considerada ideal: Essa é uma resposta com base na experiência individual do aluno, mas espera-se que ele identifique o uso de modelos em 3D como um facilitador do processo ensino-aprendizagem.

Conceitos necessários: Metodologia, aprendizagem significativa e aquisição de conteúdo.

10) Quais estruturas do desenvolvimento embrionário você compreendeu melhor com os modelos em 3D? Por quê?

Objetivos para a questão: Identificar a opinião do aluno sobre a metodologia aplicada e a aquisição do conteúdo.

Resposta considerada ideal: Essa é uma resposta com base na experiência individual do aluno, espera-se que aluno aponte estruturas com um grau de complexidade estrutural maior.

Conceitos necessários: Metodologia, aprendizagem significativa e aquisição de conteúdo.