

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

BRUNO DE SOUZA NOGUEIRA

ANÁLISE DE CONTEÚDOS DE EMBRIOLOGIA EM LIVROS DIDÁTICOS DO
ENSINO MÉDIO

CURITIBA

2020

BRUNO DE SOUZA NOGUEIRA

ANÁLISE DE CONTEÚDOS DE EMBRIOLOGIA EM LIVROS DIDÁTICOS
DO ENSINO MÉDIO

Dissertação de Mestrado apresentado ao curso de Mestrado Profissional em Ensino de Biologia em Rede Nacional PROFBIO, Setor de Ciências Biológicas, da Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ensino de Biologia.

Orientadora Prof. Dra. Flavia Sant'Anna Rios

CURITIBA

2020

Universidade Federal do Paraná
Sistema de Bibliotecas
(Giana Mara Seniski Silva – CRB/9 1406)

Nogueira, Bruno de Souza

Análise de conteúdos de embriologia em livros didáticos do ensino médio. / Bruno de Souza Nogueira. – Curitiba, 2020.
93 p.: il.

Orientadora: Flavia Sant'Anna Rios.

Dissertação (mestrado profissional) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Biológicas. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Biologia em Rede Nacional.

1. Livros didáticos - Avaliação. 2. Biologia - Ensino médio. 3. Embriologia. I. Título. II. Rios, Flavia Sant'Anna, 1972-. III. Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Biológicas. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Biologia em Rede Nacional. IV. Profbio.

CDD (22. ed.) 371.32



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SETOR DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO PROFBIO ENSINO DE
BIOLOGIA EM REDE NACIONAL - 32001010175P5

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em PROFBIO ENSINO DE BIOLOGIA EM REDE NACIONAL da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado de BRUNO DE SOUZA NOGUEIRA intitulada: ANÁLISE DE CONTEÚDOS DE EMBRIOLOGIA EM LIVROS DIDÁTICOS DO ENSINO MÉDIO, sob orientação da Profa. Dra. FLÁVIA SANT'ANNA RIOS, que após terem inquirido o aluno e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa.

A outorga do título de mestre está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

CURITIBA, 28 de Outubro de 2020.

FLÁVIA SANT'ANNA RIOS

Presidente da Banca Examinadora (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

TANIA ZALESKI

Avallador Interno (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

HENRIQUE JOSÉ POLATO GOMES

Avallador Externo (PONTIFICA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ)

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente à minha família, pela compreensão nos momentos em que estive ausente. Em especial, a meu pai e minha mãe, por todo ensinamento e por estarem sempre ao meu lado.

A meu sogro e minha sogra. Sempre que necessário, estavam dispostos a cuidar dos meus filhos para que pudesse frequentar as aulas e, também, nos momentos em que estava escrevendo essa dissertação.

À minha esposa Paula Amanda, obrigado por compartilhar momentos maravilhosos e por ter proporcionado os maiores presentes da minha vida, meus meninos, Pedro Otávio e Joaquim, com quem aprendo a cada dia o sentido verdadeiro do amor.

À minha orientadora Profa. Dra. Flavia Sant'Anna Rios, pelo apoio dado em todas as etapas do desenvolvimento deste trabalho, pela compreensão e por acreditar que seria possível a realização desta dissertação. Muito obrigado, sem seu auxílio este trabalho não teria êxito.

A essa incrível turma, em especial ao nosso grupo: Emerson, João, Suzana e Vivian. Pessoas especiais que fizeram as longas segundas mais agradáveis.

À equipe do Colégio Estadual Professora Maria Luiza Franco Pacheco, Balsa Nova-PR, nas figuras da diretora Danieli Magatão e da secretária Gabriele Chagas, muito obrigado pela compreensão e por ter paciência de me ouvir nos momentos de aflição. Talvez estas palavras sejam insuficientes para expressar minha eterna gratidão.

Este Trabalho de Conclusão de Mestrado (TCM) foi desenvolvido no Setor de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Paraná, sob a orientação do Prof. Dra. Flavia Sant'Anna Rios, e contou com o apoio financeiro (código do financiamento 001) da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).



Relato do Mestrando

Instituição: Universidade Federal do Paraná
Mestrando: Bruno de Souza Nogueira
Título do TCM: Análise de conteúdos de Embriologia em Livros Didáticos do Ensino Médio
Data da defesa: 28/10/2020
<p>O ato de ensinar exige estar preparado para aprender. Durante o mestrado reaprendi a ser estudante, voltei a ser desafiado e motivado a descobrir maneiras de ensinar que se adequem a realidade de nossos dias. O PROFBIO, como um marco na vida acadêmica e profissional, possibilitou um diálogo constante sobre a prática pedagógica, o compartilhamento de experiências, conhecer metodologias que desenvolvam o pensamento crítico e a reflexão em nossos estudantes da educação básica.</p> <p>Além de proporcionar esse encontro com novas metodologias, foi uma grande oportunidade de entrar em contato com as Ciências Biológicas novamente, com aulas de todas as áreas, fazendo a revisão dos principais conceitos e encontrando professores que contribuíram com a minha formação, e, como reflexo, melhoraram a formação de muitos estudantes do Ensino Médio.</p> <p>A aplicação em sala, desenvolvida nos três primeiros semestres do curso, foi uma maneira de aplicar o conhecimento adquirido nas aulas. Esse processo possibilitou colocar em prática metodologias que tornaram as aulas mais atrativas e a participação dos estudantes, mais ativa.</p> <p>Em conclusão, posso afirmar que a experiência foi gratificante e que a forma com que trabalho com meus estudantes foi profundamente abalada, a mudança é gradual, mas as metodologias ativas já estão presentes em minha prática docente cotidiana.</p>

RESUMO

O livro didático é um meio de difusão do conhecimento e vem sendo uma das principais fontes de pesquisa e auxílio para as aulas de Biologia. Além de ser um apoio ao ensino, é um influenciador na organização do currículo e na forma com que as aulas são ministradas. O presente trabalho teve como objetivo a análise do conteúdo de Embriologia em livros didáticos de Biologia destinados ao ensino médio, disponibilizados às instituições públicas brasileiras de ensino através do Programa Nacional do Livro Didático (PNLD-2018) e propor um texto destinado a compor um capítulo de livro considerado ideal dentro dos critérios de transposição didática do conteúdo, bem como a qualidade das imagens. Tendo em vista a importância dada ao livro didático tanto na seleção dos conteúdos a serem ministrados, quanto para os encaminhamentos metodológicos, buscou-se, através da análise dos materiais, observar de que forma os conteúdos relacionados a Embriologia animal e humana são apresentados. O ensino de Embriologia tem um alto nível de complexidade, principalmente devido à ocorrência de rápidas e extensas mudanças morfológicas, de modo que os embriões apresentam morfologia bastante variável ao longo do período embrionário, sendo completamente distinta dos organismos adultos. Essa dificuldade pode ser superada com o auxílio de materiais que contemplem um conjunto de ilustrações e atividades propostas que possam desempenhar o papel de facilitar a compreensão dos temas a ele atrelados. Para se chegar aos objetivos propostos, foram utilizados instrumentos de análise que possibilitaram uma visão, tanto de conceitos, quanto dos elementos gráficos presentes nos livros didáticos, bem como, das atividades que estão presentes nos materiais. O trabalho resultou na produção de um capítulo de embriologia, com ênfase no desenvolvimento embrionário humano, como predita os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), composto de texto explicativo, imagens e atividades. O capítulo foi organizado tanto para ser utilizado como material impresso, em PDF, quanto digital, na forma de uma página na internet, desenvolvido através do Google Sites.

Palavras-chave: Embriogênese. Ensino de Biologia. Transposição Didática.

ABSTRACT

Textbooks can spread knowledge and have been one of the main sources of research and assistance for Biology classes. In addition to supporting teaching, it influences the curriculum and teaching methodologies. The present work aimed to analyze the content of Embryology in Biology textbooks for high school, made available to Brazilian public educational institutions through the National Book and Teaching Material Program (PNLD-2018) and to propose a text intended to compose a book chapter considered ideal within the criteria of didactic transposition and topics covered. In view of the importance given to the textbook both in the selection of the contents to be taught, and for methodological referrals, the materials, were analyzed to observing how the contents related to animal and human embryology were presented. Embryology teaching has a high level of complexity, mainly due to the occurrence of rapid and extensive morphological changes, so that embryos present quite variable morphology throughout the embryonic period, being completely different from adult organisms. This difficulty can be overcome with the help of materials that include a set of illustrations and proposed activities that can facilitate the understanding of the themes linked to it. To reach the proposed objectives, analysis instruments were used that allowed a view of both concepts and the graphic elements present in the textbooks, as well as the activities that are present in the materials. The work resulted in the production of an embryology chapter, with emphasis on human embryonic development, as predicted by the National Curriculum Parameters (PCN), composed of explanatory text, images and activities. The chapter was organized both for use as printed material, in PDF, and digital, in the form of a page on the internet, developed through Google Sites.

Keywords: Embriogenesis. Biology teaching. Didactic transposition

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 -	MODELO DE QUESTÃO DE MEMORIZAÇÃO.....	27
FIGURA 2 -	MODELO DE QUESTÃO DE INTERPRETAÇÃO	29
FIGURA 3 -	MODELO DE QUESTÃO DE CONTEXTUALIZAÇÃO	30
FIGURA 4 -	MODELO DE ATIVIDADE INVESTIGATIVA	31
FIGURA 5 -	CATEGORIZAÇÃO DAS IMAGENS PRESENTES NOS LIVROS DIDÁTICOS RELACIONADAS A PRESENÇA OU NÃO DE ETIQUETAS VERBAIS	35
FIGURA 6-	CATEGORIZAÇÃO DAS IMAGENS EM RELAÇÃO A SUA FUNCIONALIDADE.....	37
FIGURA 7-	CATEGORIZAÇÃO DAS IMAGENS DE ACORDO COM SUA RELAÇÃO COM O TEXTO	39

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 - COMPARAÇÃO DO NÚMERO DE PÁGINAS DISTRIBUÍDAS ENTRE EMBRIOLOGIA COMPARADA E HUMANA	25
GRÁFICO 2 - QUESTÕES DISSERTATIVAS ENCONTRADAS NOS LIVROS DIDÁTICOS.....	28
GRÁFICO 3 - CATEGORIZAÇÃO DAS IMAGENS CONTIDAS NOS LIVROS DIDÁTICOS ANALISADOS, EM RELAÇÃO AS ETIQUETAS VERBAIS	34
GRÁFICO 4 - CATEGORIZAÇÃO DAS IMAGENS CONTIDAS NOS LIVROS DIDÁTICOS ANALISADOS, EM RELAÇÃO A FUNCIONALIDADE.....	36
GRÁFICO 5 - CATEGORIZAÇÃO DAS IMAGENS CONTIDAS NOS LIVROS DIDÁTICOS ANALISADOS, DE ACORDO COM AS RELAÇÕES COM O TEXTO.....	38

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1-	CÓDIGO E IDENTIFICAÇÃO DOS LIVROS ANALISADOS.....	23
QUADRO 2-	TEMAS PRESENTES E AUSENTES NOS LIVROS DIDÁTICOS ANALISADOS	24
QUADRO 3-	LISTA DE ATIVIDADES COMPLEMENTARES ENCONTRADAS NOS LIVROS DIDÁTICOS ANALISADOS.....	32
QUADRO 4-	CONTEÚDOS DE FECUNDAÇÃO, ENCONTRADOS NOS LIVROS DIDÁTICOS.....	40
QUADRO 5-	CONTEÚDOS DE CLIVAGEM, ENCONTRADOS NOS LIVROS DIDÁTICOS.....	42
QUADRO 6-	CONTEÚDOS DE GASTRULAÇÃO, ENCONTRADOS NOS LIVROS DIDÁTICOS.....	44
QUADRO 7-	CONTEÚDOS DE NEURULAÇÃO, ENCONTRADOS NOS LIVROS DIDÁTICOS.....	46

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
1.2 Livro didático.....	15
1.3 Ensino de Embriologia.....	17
2. OBJETIVOS	20
2.1 Objetivo geral.....	20
2.2 Objetivos específicos.....	20
3. METODOLOGIA	21
4. RESULTADOS	23
4.1 Análise dos conteúdos predominantes.....	23
4.2 Análise das questões.....	27
4.3 Análise das imagens.....	34
4.4 Transposição didática.....	39
4.4.1 Fecundação.....	40
4.4.2 Clivagem.....	42
4.4.3 Gastrulação.....	44
4.4.4 Neurulação.....	45
5. DISCUSSÃO	48
5.1 Análise dos conteúdos predominantes.....	48
5.2 Análise das questões.....	48
5.3 Análise das imagens.....	50
5.4 Transposição didática.....	52
5.4.1 Fecundação.....	52
5.4.2 Clivagem.....	56
5.4.3 Gastrulação.....	59
5.4.4 Neurulação.....	61
6. PRODUTO: CAPÍTULO DE LIVRO DE EMBRIOLOGIA	64
CONCLUSÃO	65
REFERÊNCIAS	66
APÊNDICE	71

1. INTRODUÇÃO

A consolidação da Biologia como disciplina escolar desponta em um contexto em que a escolarização de massas encontra amparo no desenvolvimento de sistemas de ensino, como forma de organizar o conhecimento e formatar os currículos escolares. Tal ação tem início por volta do século XIX (MARANDINO; SELLES; FERREIRA, 2009).

A compreensão do ensino de Biologia se aproxima da história das Ciências Biológicas, mas não deve ser tomada como elemento fundamental sem levar em conta o contexto histórico. Mesmo tendo aproximações, a compreensão do surgimento da disciplina escolar Biologia deve levar em consideração os meios de escolarização que despontam em meados do século XX, quando sistemas de ensino que visavam atingir um número maior de estudantes produziram alterações em disciplinas escolares, sendo relevante o papel da escolarização de massas na formação da futura disciplina (KRASILCHIK, 2004; MARANDINO; SELLES; FERREIRA, 2009).

Debates que ocorreram nos Estados Unidos, no século XX, influenciaram na organização de uma nova disciplina escolar, denominada de História Natural, que acabou trazendo para sua estrutura temas oriundos de diferentes áreas, tais como a Zoologia, a Botânica e a Fisiologia Humana. No Brasil, a disciplina de História Natural já se encontrava presente desde a criação do Colégio Pedro II, no Rio de Janeiro, em 1837 (MARANDINO; SELLES; FERREIRA, 2009).

Nos Estados Unidos, o ensino com maior proximidade das disciplinas acadêmicas e científicas, os livros universitários foram adotados por escolas secundárias, visando o preenchimento de uma lacuna existente em relação a materiais didáticos. Em 1920, esses materiais didáticos, em particular os livros, passaram a ser produzidos por educadores das instituições de ensino, em resposta a necessidades de uma escola que se expandia para atendimento de um número cada vez maior de estudantes (KRASILCHIK, 2004); (MARANDINO; SELLES; FERREIRA, 2009).

Surgiu no final da década de 1950, nos Estados Unidos, a instituição BSCS, *Biological Sciences Curriculum Study*, formada por biólogos que tinham por objetivo a produção de projetos de ensino, como forma de promover atualização dos conhecimentos biológicos e a atualização do ensino de biologia (KRASILCHIK, 2004). O BSCS editou e organizou coleções de livros didáticos que foram divididos em versões distintas como: versão azul, versão verde e a versão amarela. Cada versão do material didático foi organizada em eixos temáticos da

Biologia, como a Biologia Molecular, a Citologia e a Ecologia (MARANDINO; SELLES; FERREIRA, 2009).

De acordo com MARANDINO e colaboradores:

O BSCS foi uma iniciativa da comunidade de biólogos que contou com o apoio governamental e, sobretudo, da fundação Nacional de Ciências norte americana e tinha o objetivo de reformar, em moldes acadêmicos, os conteúdos e métodos da disciplina escolar Biologia nas escolas secundárias (MARANDINO; SELLES; FERREIRA, 2009, p. 56).

No Brasil, a ciência dá seus primeiros passos em direção a sua consolidação no sistema de ensino a partir da promulgação da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDBEN), em 1961. Começou a ser incorporada na forma de disciplina no ensino ginasial, tendo como grande inspiração os clubes de ciência dos Estados Unidos, entre as décadas de 1940 e 1950 (BIZZO, 2012; KRASILCHIK, 2004). Porém, a Biologia como disciplina independente se fortalece após a LDBEN de 1996, que tornou obrigatória a licenciatura plena, antes não exigida para a docência, levando a extinção dos cursos de licenciatura curta (BIZZO, 2012).

Os documentos orientadores do currículo que vieram como meio de organizar e orientar os sistemas de ensino, surgiram após a LDBEN de 1996 ser promulgada. Os parâmetros curriculares nacionais (PCN) foram publicados em 1997 e avaliados pelo Conselho Nacional de Educação (CNE), oferecendo uma proposta de orientação pedagógica e curricular para o sistema de ensino do Brasil. Os PCN trazem em seu escopo um conjunto de competências e habilidades a serem desenvolvidas no decorrer do processo de escolarização (BIZZO, 2012).

A partir de 2021, o ensino médio de todas as redes de ensino do Brasil passará a ter como documento norteador dos currículos, a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), que em si, não traz a determinação dos conteúdos a serem trabalhados, mas o conjunto de competências que o estudante deve desenvolver durante seu percurso formativo (BRASIL, 2018).

De acordo com a BNCC, o conceito de competência abrange uma gama de conhecimentos, habilidades, atitudes e valores que levam ao desenvolvimento de um indivíduo capaz de resolver problemas que surgem no cotidiano, além de possuir a capacidade de exercer a cidadania, estando apto ao mundo do trabalho (BRASIL, 2018).

No Estado do Paraná, existem diretrizes próprias, as Diretrizes Curriculares Estaduais (DCE), com orientações curriculares para cada disciplina, incluindo a Biologia. A apresentação dos temas de ensino dessa disciplina se dá através do agrupamento em conteúdos estruturantes, distribuídos da seguinte forma: Organização dos seres vivos; Mecanismos Biológicos; Biodiversidade e Manipulação Genética. Dentro dessa organização, o documento apresenta

ainda uma subdivisão dos conteúdos básicos, sendo que o tema desenvolvimento embriológico encontra-se dentro do conteúdo de Mecanismos Biológicos (PARANÁ, 2008).

1.2 O livro didático

Segundo Vasconcelos e Souto (2003), os livros devem oferecer suporte no processo de formação de “indivíduos/cidadãos”. Uma das características dos livros didáticos é a facilidade na difusão do conhecimento e tecnologia aplicados às ciências, em especial, à Biologia. Da mesma forma em que podem ser uma importante ferramenta, a maneira com que são apresentados os temas, pode levar a uma formação superficial, privilegiando a memorização em detrimento de uma metodologia mais ativa de aprendizagem.

O Livro Didático figura entre os principais meios pelos quais os professores organizam e preparam as aulas. De acordo com Krasilchik (2004), o Livro Didático tem papel relevante e vem sendo usado na determinação do conteúdo e metodologias aplicadas em sala de aula, valorizando o ensino teórico e informativo. É encontrada grande semelhança em relação a organização e distribuição dos conteúdos em diferentes obras, sendo importante o estabelecimento de critérios para sua escolha. Para VASCONCELOS e SOUTO (2003, p.94), em leituras de livros didáticos, observa-se “[...]uma disposição linear de informações e uma fragmentação do conhecimento que limitam a perspectiva interdisciplinar”.

Assim, a análise criteriosa do material é um ponto importante para a adoção de um livro didático e, como aponta Krasilchik (2004, p. 66): “A primeira etapa da avaliação de qualquer livro é não aceitá-lo como autoridade indiscutível e, embora seja difícil avaliar o seu potencial fora de uma situação específica de classe, há determinadas características que devem ser consideradas”.

Por exemplo, aspectos relacionados a deturpação da imagem do cientista e a supervalorização da ciência são pontos que requerem atenção do professor para que tais situações não levem a uma visão equivocada da ciência e do trabalho do cientista (KRASILCHIK, 2004). Em artigo, Megid Neto e Fracalanza (2003) identificaram que em livros de Ciências do ensino fundamental, a ciência é apresentada como algo imutável, sem levar em consideração todas as interações sociais e o contexto histórico por trás da atividade científica, ou seja, a ciência como dogma e o trabalho científico alheio à ideologias e interações socioculturais.

A produção e disponibilização de livros didáticos de Biologia no Brasil começa a se estabelecer a partir do final da década de 1940, quando o IBECC, uma agência da UNESCO,

que recebia incentivo financeiros de diversas empresas, produziu materiais que tinham por objetivo o estímulo ao trabalho experimental, bem como outros materiais didáticos como livros traduzidos e adaptados de outros países (MARANDINO; SELLES; FERREIRA, 2009).

Atualmente, os processos de edição e distribuição de livros didáticos vem sendo regulamentados por diversas resoluções ditadas pelo Fundo de Desenvolvimento da Educação (FNDE). Em 1985, é criado o programa PNLD, que atendia as disciplinas do ensino fundamental. A partir da publicação da resolução nº 38 de 15/10/2003, foi criado o Programa Nacional do Livro do Ensino Médio (PNLEM), que em sua primeira aquisição e distribuição, contemplou apenas as disciplinas de língua portuguesa e matemática para as regiões Norte e Nordeste (BRASIL, 2011).

O Livro didático de Biologia começou a ser incorporado ao PNLEM em 2006, sendo distribuído às escolas a partir de 2007. Uma nova resolução do FNDE (nº 60 de 20/11/2009), unificou os programas de distribuição de livros didáticos dos ensinos fundamental e médio, levando a extinção do PNLEM e a inclusão das escolas de Ensino Médio no Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) (BRASIL, 2011).

Um fator que deve ser levado em consideração pelo professor ao fazer a escolha do livro didático a ser utilizado em suas aulas é a organização das atividades e, uma vez que existe uma procura cada vez mais intensa por metodologias ditas ativas ou investigativas, os materiais didáticos podem ser um meio de desenvolver tais formas de ensino. Uma das formas de promoção de uma aprendizagem mais ativa é a utilização de atividades investigativas, segundo Bacich e Moran (2017):

Isso envolve pesquisar, avaliar situações e pontos de vista diferentes, fazer escolhas, assumir riscos, aprender pela descoberta e caminhar do simples para o complexo. Os desafios bem planejados contribuem para mobilizar as competências desejadas, sejam intelectuais, emocionais, pessoais ou comunicacionais. Nas etapas de formação, os alunos precisam do acompanhamento de profissionais experientes para ajudá-los a tornar conscientes alguns processos, a estabelecer conexões não percebidas, a superar etapas mais rapidamente, a confrontar novas possibilidades. (BACICH; MORAN, 2017, p. 15).

De acordo com Carvalho (2013), uma forma de se iniciar um sistema de ensino investigativo é a aplicação de problemas, que podem ser experimentais ou não. Um meio de inserir esse tipo de sistema nas aulas de Biologia é a apresentação de tais problemas nos livros didáticos, porém com uma observação criteriosa de cada atividade proposta, pois

O material didático deve permitir que o aluno, ao resolver o problema, possa diversificar suas ações, pois é quando vai poder variar a ação e observar alterações correspondentes da reação do objeto que ele tem a oportunidade de estruturar essas regularidades. Caso não ocorra, isto é, se não houver uma correspondência direta entre as variações nas ações e reações, tal fenômeno oferecerá pouca oportunidade para estruturação intelectual (CARVALHO, 2013, p.11).

1.3 Ensino de Embriologia

A Embriologia, como ciência que visa desvendar os mecanismos de desenvolvimento do organismo, da fecundação ao nascimento, pode apresentar uma certa dificuldade para que os estudantes compreendam os fenômenos devido à velocidade com que as transformações ocorrem, levando a mudanças morfológicas extensas em curto espaço de tempo (SOUZA; PEREIRA, 2020). Tais peculiaridades tornam essa área da Biologia bastante complexa.

A relevância do conhecimento de conceitos relacionados à Embriologia ultrapassa o âmbito escolar, e de extrema importância no cotidiano, pois mais cedo ou mais tarde a maior parte dos estudantes irá se deparar com situações que irão requerer tais conhecimentos, tais como em situações que demandem o planejamento familiar, a tomada de decisões relacionadas à utilização de métodos contraceptivos e à conscientização acerca de substâncias com potencial teratogênico.

Outras situações podem demonstrar a importância de conhecimentos em Embriologia, incluindo situações em que o indivíduo se depara com notícias relacionadas à produção de vacinas, aborto e células tronco. Em tais situações, esses conhecimentos possibilitam a compreensão e interpretação das notícias, fato que somente poderá ser possibilitado por um nível maior de alfabetização científica. De acordo com Sasseron (2015), a alfabetização científica se constitui de um processo de construção contínua. Segundo a autora, Pode-se afirmar que a “(...) Alfabetização Científica, ao fim, revela-se como a capacidade construída para a análise e a avaliação de situações que permitam ou culminem com a tomada de decisões e o posicionamento (SASSERON, 2015, p. 56)”

Com relação à utilização do Livro Didático nas aulas que contemplam os temas relacionados à Embriologia, a apresentação demasiada descritiva pode contribuir para um ensino descritivo dos conceitos, não estimulando o estudante a uma aprendizagem ativa e significativa. Espera-se que as atividades que alguns livros didáticos trazem ao final dos capítulos estimulem a pesquisa e o aprofundamento das questões trabalhadas. Da mesma forma, percebe-se que muitos Livros Didáticos trazem em sua estrutura um conjunto de imagens e ilustrações, que podem facilitar o processamento das informações contidas nos textos e, se bem utilizadas, podem produzir efeito de facilitar a compreensão dos textos. Porém, é importante que as imagens sejam utilizadas com cautela, uma vez que devido a sua complexidade, pode ocorrer deturpação da mensagem contida e levar a concepções erradas.

Nos temas relacionados ao estudo da Embriologia, os PCN de ciências da natureza sugerem uma abordagem superficial do desenvolvimento do ovo até a formação do organismo,

porém, sem aprofundamento e detalhamento do desenvolvimento embrionário completo de diversos animais (BRASIL, 2002):

É recomendável que os estudos sobre Embriologia atenham-se à espécie humana, focalizando-se as principais fases embrionárias, os anexos embrionários e a comunicação intercelular no processo de diferenciação. Aqui cabem duas observações: não é necessário conhecer o desenvolvimento embrionário de todos os grupos de seres vivos para compreender e utilizar a embriologia como evidência da evolução; importa compreender como de uma célula – o ovo – se organiza um organismo; não é essencial, portanto, no nível médio de escolaridade, o estudo detalhado do desenvolvimento embrionário dos vários seres vivos (BRASIL, 2002).

Nesse sentido, Bizzo (2004) salienta que a análise evolutiva a partir do desenvolvimento embrionário não tem sentido quando restritas apenas ao estudo de um único grupo. Por outro lado, jamais a aprendizagem da embriologia seria efetiva se apresentadas apenas as características do desenvolvimento restritas a poucos grupos. Por exemplo, quando é apresentado que a produção de muitas vacinas ocorre em embriões de galinha, é necessário o conhecimento, ainda que básico, do desenvolvimento embrionário de grupos específicos de animais, em particular das aves.

Assim, a organização dos temas relacionados à Embriologia, bem como a prevalência ou predominância de certos temas em detrimento de outros, diz muito sobre os objetivos de cada coleção didática e sua capacidade de facilitar a aprendizagem e apresentar informações precisas e que façam sentido aos estudantes.

De acordo com Franzolin e Bizzo (2009), a análise dos conteúdos presentes em livros didáticos mostra um distanciamento destes em relação à referência da literatura básica, decorrente da adequação dos conceitos à faixa etária a que são destinados. São diferenciadas duas formas de distanciamento, o horizontal e o vertical. Outro fator importante é a transposição didática necessária para que o conceito científico derivado da ciência de base possa ser compreendido nos diversos níveis de ensino.

No distanciamento vertical, encontra-se a transposição do conhecimento necessário para cada ano e faixa etária e serve para facilitar a aprendizagem. O distanciamento horizontal seria aquele decorrente da linguagem e ocorre a partir de uma flexibilização do conhecimento para que possa ter a sua aprendizagem facilitada, podendo ser uma variante de conhecimentos cotidianos e sua adaptação para que ocorra aprendizagem. O distanciamento horizontal pode levar a erros conceituais devido a sua flexibilização (FRANZOLIN; BIZZO, 2009).

Um fator a ser levado em consideração ao se tratar do distanciamento horizontal é o obstáculo epistemológico, que pode levar a compreensão errada ou equivocada por parte dos estudantes (BACHELARD, 1996).

O conceito de transposição didática proposto por Chevallard (1991) teve por objeto de estudo conceitos de matemática e revelaram o escopo de seu trabalho, no qual a transposição didática seria o trabalho de deixar o saber científico passível de ser compreendido por estudantes de diferentes níveis de escolarização. O pesquisador ainda define o saber científico como sendo o saber sábio, os conceitos a serem ensinados como sendo o saber a ensinar e o saber ensinado (CARVALHO, 2013). De acordo com Pietrocola (2008), “A construção das disciplinas escolares envolve um processo de transposição didática, no qual se transforma, implementa, julga, para finalmente estabilizar os saberes escolares aos objetivos formativos, aos condicionantes da sala de aula e às habilidades afeto-sócio-cognitivas dos alunos”.

Considerando o acima exposto, este trabalho visou analisar o conteúdo de Embriologia dos livros didáticos disponibilizados para as escolas das redes públicas de ensino, verificando a pertinência e a efetividade dos textos, imagens e atividades inseridos nos capítulos destinados à Embriologia e à partir dos resultados, e produzir um material didático em formato e-book e também disponibilizado em PDF, para ser utilizado como material de apoio pedagógico com sugestões de atividades que possibilitam o trabalho com metodologias ativas.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Analisar os conteúdos relacionados à Embriologia presentes em Livros Didáticos de Biologia do Ensino Médio disponibilizados às escolas pelo PNLD e organizar os resultados em um capítulo considerado ideal em termos de transposição didática, seleção de conteúdos, imagens e atividades.

2.2 Objetivos específicos

- Identificar se há prevalência de temas relacionados com a Embriologia comparada ou humana e quais tópicos e fases do desenvolvimento são descritos.
- Categorizar as imagens e ilustrações referentes a embriologia presentes nos livros e verificar de que forma as imagens estão relacionadas com o texto sobre embriologia;
- Quantificar e fazer o levantamento das atividades propostas nos livros, observando a diversidade de instrumentos.
- Verificar o distanciamento entre os conceitos de embriologia apresentados em livros didáticos do ensino médio e aqueles contidos na literatura especializada de referência.
- Propor um texto ilustrado que atenda às orientações dos Parâmetros Curriculares Nacionais e apresentem a devida transposição didática a partir de conhecimentos científicos, bem como imagens adequadas e atividades propostas com caráter investigativo.

3. METODOLOGIA

A presente pesquisa teve como objeto de estudo os conteúdos de Embriologia abordados em livros didáticos de Biologia para o ensino médio. Para a escolha dos livros a serem analisados, foi utilizado o guia para escolha do PNLD 2018, sendo este o mais recente, disponibilizado pelo MEC, que conta com dez obras para escolha da rede pública de ensino do Brasil. Os livros analisados foram obtidos do acervo enviado às escolas para análise e escolha por professores.

Os dez livros didáticos analisados foram identificados através de códigos (LD1 a LD 10). De cada coleção, formada por três volumes, a análise foi realizada nos volumes, unidades e capítulos em que a temática da Embriologia foi apresentada.

Os livros didáticos foram analisados seguindo as seguintes perspectivas: prevalência de temas da Embriologia comparada e humana, distanciamento e transposição didática dos conceitos comparados com bibliografia especializada da área, análise das imagens, além do levantamento da diversidade de atividades propostas no Livro Didático.

A análise do distanciamento dos conceitos presentes nos livros didáticos destinados ao ensino médio foi realizada a partir de metodologia apresentada por Franzolin (2007), buscando traçar o distanciamento entre os conhecimentos e a transposição didática entre conceitos apresentados na bibliografia de base. Outras referências metodológicas, para a análise dos conteúdos foi feita tendo como base os trabalhos de Chevallard (1991) e Astolfi e Develay (2002).

A verificação da prevalência dos temas relacionados à Embriologia animal e humana foi realizada através da contabilização do número de páginas contendo texto e figuras destinadas a cada temática, o que permitiu a verificação dos temas que são contemplados de forma mais recorrente e com maior ênfase.

Em relação à diversidade de atividades que aparecem nos livros didáticos, foi realizado o levantamento das questões discursivas, verificando a natureza das mesmas e se o material possibilita uma abordagem investigativa de aprendizagem, bem como a proposta de atividades complementares. Optou-se em não realizar as análises de testes de vestibular e ENEM, devido ao caráter mais tradicional presente nesse tipo de atividade, que geralmente cobra mais detalhes memorizados dos conceitos abordados no ensino médio.

A análise qualitativa foi desenvolvida a partir de análise documental (FLICK, 2009), sendo o livro didático a fonte documental das informações. A metodologia empregada na análise das imagens presentes nos livros didáticos foi adaptada de Perales e Jiménez (2002),

que apresentam uma metodologia que contribui para compreensão do potencial que cada imagem apresenta em facilitar ou representar um obstáculo à aprendizagem. As análises categorizam as imagens em relação às funções exercidas por elas, tais como a capacidade ilustrar o tema abordado pelo texto do livro, motivar o leitor e apresentar etiquetas verbais, pequenos textos contidos dentro da imagem, que possibilitem ao estudante que faz uso do livro didático, compreender as relações entre texto e ilustração.

Como obras de referência que aproximam o conhecimento específico à ciência de base, foram considerados os livros de Embriologia humana e de Embriologia comparada de autoria Moore e colaboradores (2016) e Garcia e Garcia-Fernández (2012), que são respectivamente, os livros-texto mais utilizados no ensino superior nessa área, sendo adotados como literatura principal do curso de Medicina (Embriologia humana) e Ciências Biológicas (Embriologia comparada) da UFPR, bem como em programas de pós-graduação, como o PROFBIO. Com relação ao distanciamento entre os conhecimentos e a transposição didática foram analisados quatro processos: fecundação, clivagem, gastrulação e neurulação.

4. RESULTADOS

4.1 Análise dos conteúdos predominantes

Através da análise dos livros didáticos, foram quantificados os conteúdos de embriologia geral e humana, através da contagem do número de capítulos e páginas destinados aos assuntos, a fim de verificar qual deles era predominante. Além disso, foram observadas as características de cada obra, considerando-se a presença de textos complementares. Todas as obras analisadas são compostas por coleções de três volumes, sendo uma para cada ano do ensino médio e, na maioria das coleções, os referidos assuntos foram apresentados no volume 1. Dos 10 volumes analisados, 7 trazem os temas no volume 1 da coleção, 2 apresentam no volume 2 e uma obra trouxe os temas em dois volumes, 2 e 3, conforme pode ser observado no QUADRO 1.

QUADRO 1: CÓDIGO ATRIBUÍDO NESTE TRABALHO E IDENTIFICAÇÃO DOS LIVROS DIDÁTICOS UTILIZADOS.

Código	Nome do livro	Autores	Editora (edição/ano)
LD1	Biologia moderna	José Mariano Amabis Gilberto Rodrigues Martho	Moderna (1 ^a .ed., Vol.1, 2016)
LD2	Contato Biologia	Marcela Ogo Leandro Godoy	Quinteto (1 ^a .ed., Vol.1, 2016)
LD3	Ser Protagonista-Biologia	Lia M. Bezerra André Catani Elisa Garcia Carvalho Fernando S. Dos Santos João B. Aguilár Sílvia H. de Arruda Campos	SM (3 ^a .ed., Vol.1, 2016)
LD4	Biologia	Vivian L. Mendonça	AJS (3 ^a .ed., Vol.1, 2016)
LD5	Biologia- Unidade e Diversidade	José Arnaldo Favaretto	FTD (1 ^a .ed., Vol.1, 2016)
LD6	Conexões com a Biologia	Miguel Thompson Eloci Peres Rios	Moderna (2 ^a .ed., Vol.2, 2016)
LD7	Bio	Sônia Lopes Sergio Rosso	Saraiva (3 ^a .ed., Vol.2 e 3, 2017)
LD8	Biologia Hoje	Sérgio Linhares Fernando Gewandsznajder Helena Pacca	Ática (3 ^a .ed., Vol.1, 2017)
LD9	Biologia	César da Silva Júnior, Sezar Sasson, Nelson Caldini Júnior	Saraiva (12 ^a .ed., Vol.2, 2017)
LD10	Biologia: Novas Bases	Nélio Bizzo	IBEP (1 ^a .ed., Vol.1, 2016)

FONTE: o autor (2020).

O LD1 é constituído de um total de 240 páginas, com os conteúdos distribuídos em 12 capítulos. Os conteúdos relacionados à Embriologia estão organizados em dois capítulos, sendo um destinado à Embriologia geral, um para a reprodução humana, além de fragmentos de um terceiro capítulo, contendo informações sobre tipos de reprodução e meiose, onde são encontrados os temas relacionados à gametogênese e fecundação. No capítulo destinado à reprodução humana, estão presentes conteúdos sobre a morfologia e fisiologia dos sistemas reprodutores masculino e feminino além dos, métodos contraceptivos. Para a análise, foi considerada apenas a parte relacionada ao desenvolvimento embrionário, gravidez, textos complementares e atividades.

Através dos resultados obtidos (GRÁFICO 1), pode se verificar no LD1 maior ênfase em Embriologia geral, com total de 17 páginas em comparação com 15 páginas para Embriologia humana.

QUADRO 2: TEMAS PRESENTES E AUSENTES NOS LIVROS DIDÁTICOS ANALISADOS.

Temas	LD1	LD2	LD3	LD4	LD5	LD6	LD7	LD8	LD9	LD10
Gametogênese	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
Tipos de ovos	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
Fecundação	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
Clivagem	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
Nidação	P	P	P	P	-	-	P	P	P	P
Gastrulação	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
Neurulação	P	P	P	P	P	P	P	P	P	-
Organogênese	P	P	P	P	P	P	-	P	P	P
Gestação	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
Teratogênese	-	-	-	-	P	-	-	-	-	-
Células tronco	-	-	-	P	P	P	P	P	P	P
Gêmeos	P	P	P	P	P	P	P	-	P	P
Textos complementares	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P

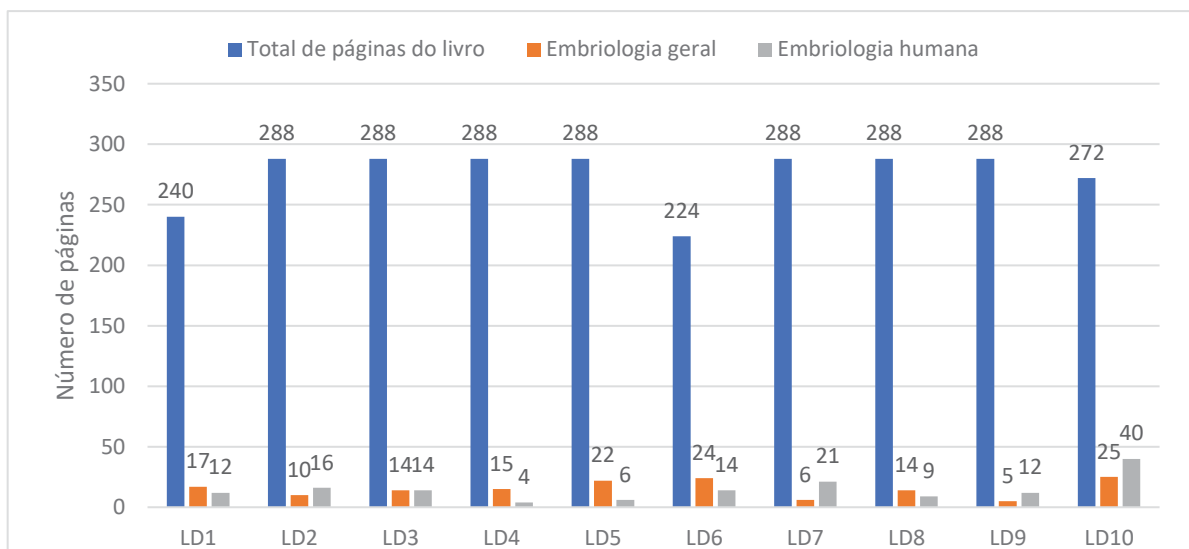
LEGENDA: (P)=presente e (-) =ausente

FONTE: o autor (2020).

O LD2 é formado por 288 páginas, com os conteúdos sendo distribuídos em 14 capítulos. Destes, dois são destinados à Embriologia, sendo que o capítulo 12 apresenta o sistema genital, a gametogênese e a fecundação e o capítulo 14 é destinado a Embriologia geral e humana. Os dois capítulos que foram objetos de análise apresentaram um total de 34 páginas, sendo 16 destinadas à reprodução e Embriologia humana, 10 para Embriologia geral e 8 páginas com atividades e textos complementares.

O LD3 também é organizado em um total de 288 páginas, sendo que os temas estão distribuídos em 18 capítulos. Em 3 capítulos, são abordados os temas analisados, sendo que dois (capítulos 13 e 14) referem-se diretamente ao desenvolvimento embrionário e, em um capítulo (capítulo 12), são apresentadas as bases morfológicas da reprodução humana, e traz também a gametogênese e a fecundação. A quantidade de páginas distribuídas entre Embriologia humana e geral é a mesma, 14 páginas para cada temática. Nestas, é encontrada a grande maioria dos conceitos analisados.

GRÁFICO 1: NÚMERO TOTAL E NÚMERO DE PÁGINAS DOS LIVROS DIDÁTICOS ANALISADOS CONTENDO OS TEMAS DE EMBRIOLOGIA GERAL E EMBRIOLOGIA HUMANA.



FONTE: o autor (2020).

Um ponto que diferencia o LD3 dos demais é a forma com que as atividades são organizadas. Não há atividades ao final de cada capítulo, como nos demais livros analisados, mas sim ao final de uma unidade temática. Neste caso, é a unidade destinada ao estudo da reprodução, que é composta por três capítulos. As atividades que predominam neste livro são os testes de vestibular.

Os resultados do LD4 mostram um livro composto por 288 páginas, divididas em 12 capítulos. Os temas relacionados com a embriologia são organizados em um único capítulo (capítulo 11), não havendo uma divisão em capítulos diferentes para Embriologia geral e humana. São ao todo, 25 páginas de conteúdo, distribuídas entre os temas relacionados, atividades e textos complementares, que ocupam 6 páginas ao final do capítulo. Um ponto relevante do livro é a distribuição dos temas, onde os conceitos analisados, em sua maioria, foram contemplados pelo autor.

Os resultados obtidos através da análise do LD5 revelam maior ênfase em Embriologia geral em detrimento da humana. O material é composto por um total de 288 páginas e dividido em 16 capítulos, sendo que a parte que se refere ao estudo da Embriologia é organizada em um capítulo específico, com alguns tópicos como gametogênese e fecundação encontrados em um outro capítulo. Do total de páginas do livro, 28 são destinadas ao estudo da Embriologia, com 6 páginas específicas ao estudo do desenvolvimento humano e 22 páginas destinadas a embriologia geral. Dentre os livros analisados, é o único que aborda o tema teratogênese, o qual é apresentado junto com a Embriologia humana.

O livro é formado por 224 páginas no total, com os conteúdos organizados em 10 unidades, sendo que cada unidade é subdividida em temas. A unidade 2 é destinada a reprodução humana e a unidade 3 à reprodução e desenvolvimento. Nota-se maior ênfase em Embriologia geral (24 páginas) em relação à Embriologia humana (14 páginas). Os demais temas são abordados pelo livro didático, incluindo a gametogênese, tipos de ovos, fecundação, clivagem, gastrulação, neurulação, organogênese.

No LD7, os temas são distribuídos em dois volumes da coleção, sendo que a parte relacionada a Embriologia humana está presente no volume 3, contabilizando 21 páginas, no primeiro capítulo do livro, que tem os temas distribuídos em 288 páginas e 12 capítulos. A parte destinada a Embriologia geral é localizada no volume 2 da coleção, composto por 288 páginas divididas em 14 capítulos. O capítulo destinado ao objeto da análise apresenta as características dos animais, onde a Embriologia geral é descrita, (6 páginas). Os principais temas são abordados na obra. Logo, pode-se perceber maior ênfase em Embriologia humana.

No LD8 foi contabilizado um total de 288 páginas e o conteúdo é dividido em 20 capítulos. Os temas analisados, Embriologia geral e Embriologia humana, estão organizados em um capítulo. Gametogênese e fecundação estão em um capítulo à parte, que trata dos tipos de reprodução. A ênfase do livro didático é a Embriologia geral, com 14 páginas contra 9 de Embriologia humana.

O LD9 é composto de 288 páginas e os temas abordados em 30 capítulos apresenta os temas analisados no volume dois da coleção, sendo que a Embriologia comparada apresentada em 3 páginas junto com a introdução a zoologia, e a parte relacionada a Embriologia humana em capítulo específico (capítulo 24) com um total de 9 páginas, sendo contabilizadas apenas as relacionadas ao desenvolvimento embrionário, gestação e gametogênese.

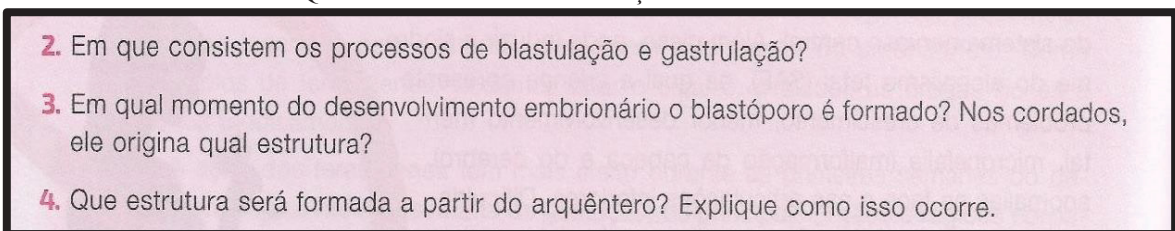
O LD10 tem um total de 272 páginas divididas em 9 capítulos. O conteúdo referente à Embriologia geral e humana é distribuído em dois capítulos com 65 páginas no total. Encontra-

se uma ênfase em conteúdos relacionados com a embriologia humana, um total de 40 páginas em comparação com a embriologia geral com 25 páginas.

4.2 Análise das questões

As atividades propostas, geralmente ao final de cada capítulo ou unidade temática, tem como objetivo fornecer meios para que o estudante possa desenvolver os temas trabalhados previamente. Buscou-se, através da análise, verificar a prevalência dos diversos tipos e formas de atividades propostas, dando maior atenção à diversidade de questões discursivas, que contenham as seguintes características: a) Memorização (FIGURA 1); b) Interpretação (FIGURA 2); c) Contextualização (FIGURA 3); d) Investigativa (FIGURA 4); Além das questões abertas, foram contabilizadas e analisadas as atividades complementares, como propostas de atividades práticas, pesquisas, debates e outros modelos de atividades. Ressalta-se que foram analisadas apenas questões discursivas e não testes de vestibular.

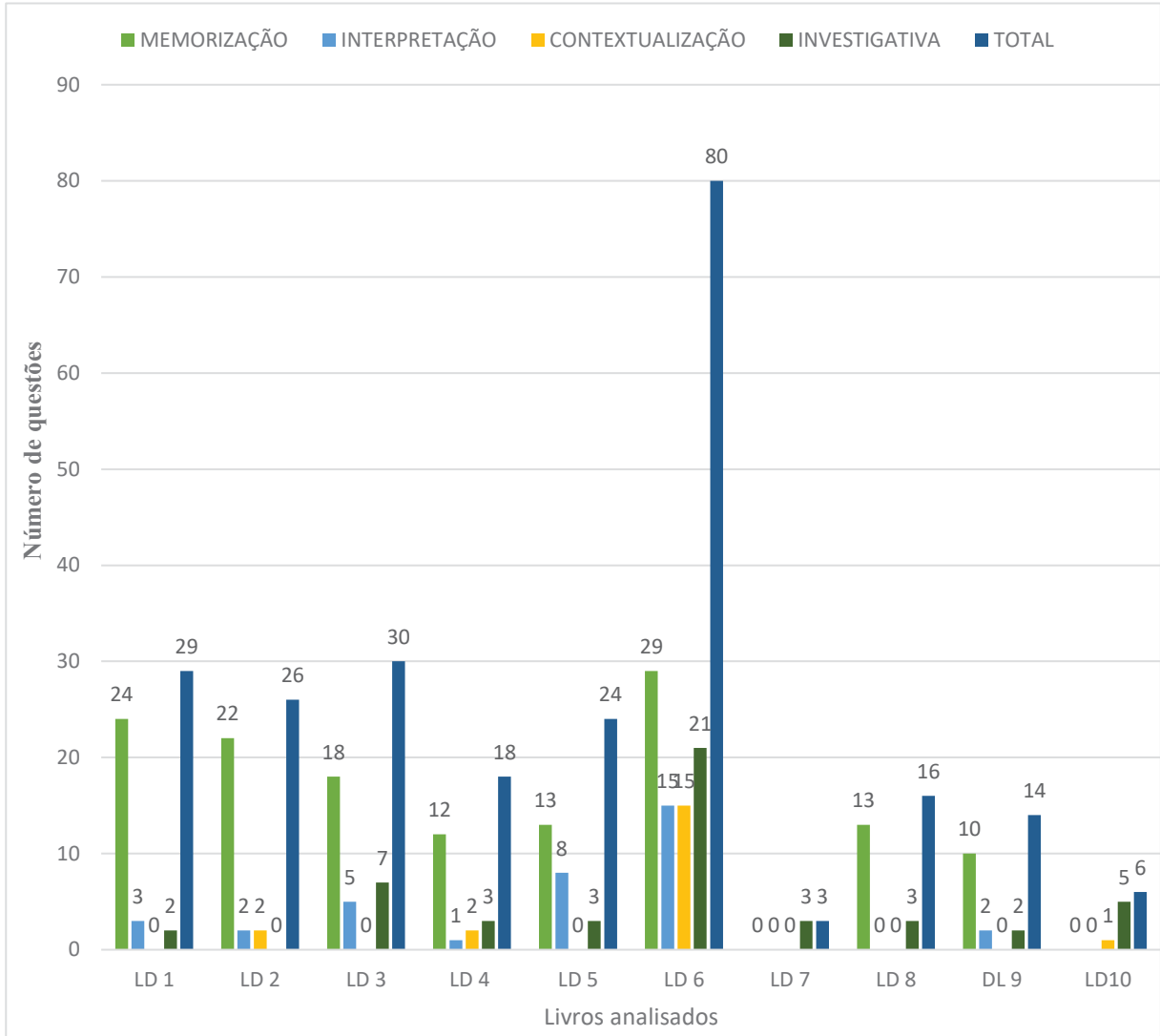
FIGURA 1- MODELO DE QUESTÕES DE MEMORIZAÇÃO.

- 
2. Em que consistem os processos de blastulação e gastrulação?
 3. Em qual momento do desenvolvimento embrionário o blastóporo é formado? Nos cordados, ele origina qual estrutura?
 4. Que estrutura será formada a partir do arquêntero? Explique como isso ocorre.

FONTE: LD2: Ogo; Godoy (2016, p. 270)

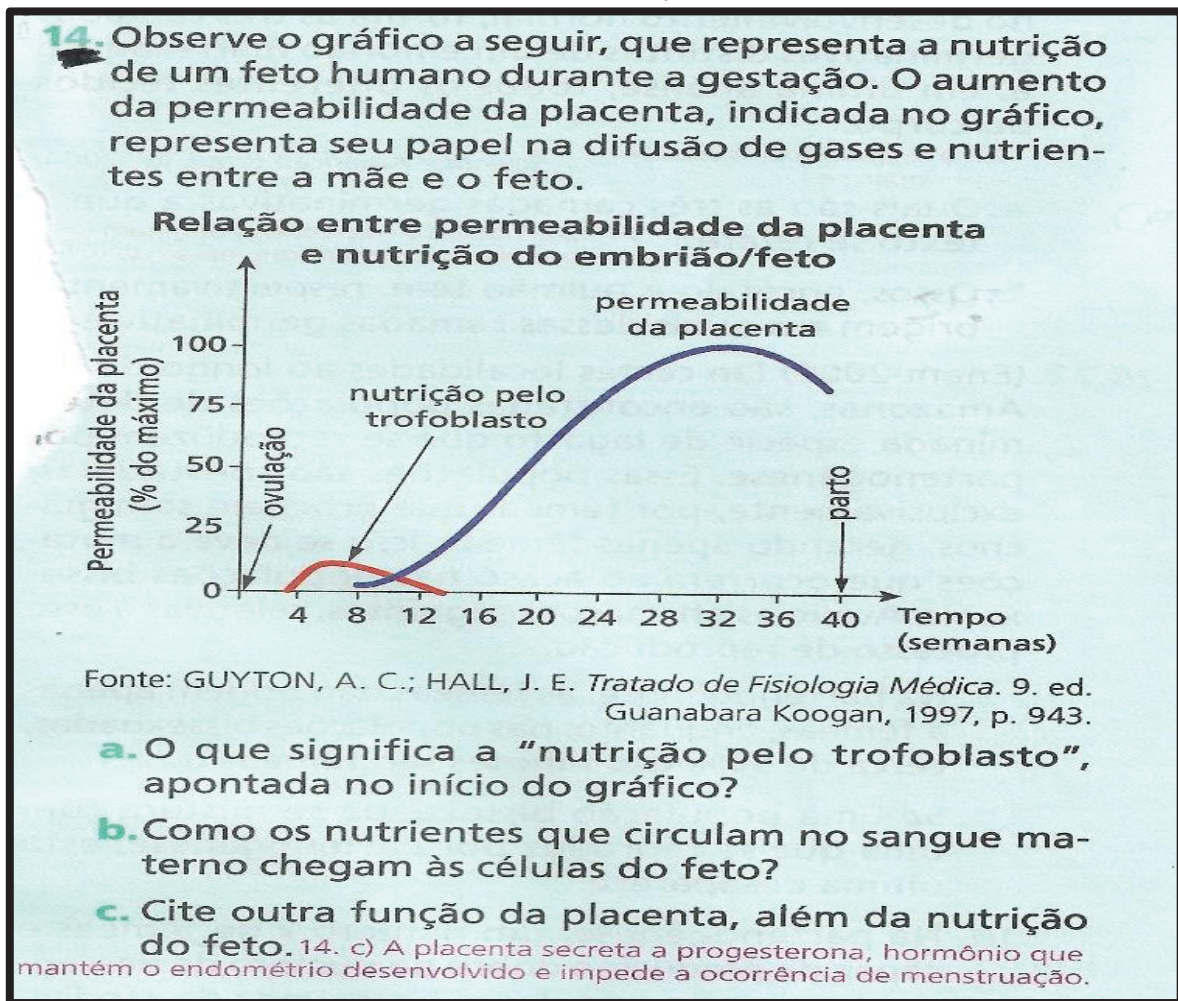
O resultado da análise das questões abertas (GRÁFICO 2) apresenta alguns pontos que são de grande relevância para o presente trabalho. O LD2 não apresentou questões investigativas, dando maior ênfase em atividades do tipo memorização (FIGURA 1), as quais não exigem do estudante a análise de dados, a proposição de hipóteses para chegar ao desenvolvimento da atividade. Em grande parte, as questões, tem por objetivo que se faça a leitura do texto e encontre algum fragmento que se encaixe como resposta esperada. As atividades complementares apresentadas no LD2 incluem júri simulado, HQ (história em quadrinhos) e a proposta de filme para ser apresentado aos estudantes, não trazendo proposta de atividade prática.

GRÁFICO 2: NÚMERO DE QUESTÕES DISSERTATIVAS DE CADA TIPO ENCONTRADAS NOS LIVROS DIDÁTICOS ANALISADOS.



FONTE: o autor (2020).

FIGURA 2- MODELO DE QUESTÕES DE INTERPRETAÇÃO.



FONTE: LD4: Mendonça (2016, p.257)

O LD6 apresenta diversidade maior em relação às atividades, trazendo um número maior de questões investigativas, além de apresentar uma proporção mais equilibrada em relação aos diferentes tipos de atividades, como as de interpretação e contextualização. As atividades complementares são diversas, propondo prática, pesquisas e a proposta de construção de mapa conceitual pelos estudantes.

FIGURA 3- MODELO DE QUESTÃO DE CONTEXTUALIZAÇÃO.

16. Em março de 2005, pesquisas científicas com células-tronco embrionárias humanas foram aprovadas no Brasil no âmbito da Lei de Biossegurança. Tais pesquisas utilizam, em nosso país, células obtidas de embriões congelados em clínicas de fertilização por mais de três anos, que não podem mais ser implantados. É proibido o uso de embriões considerados viáveis, isto é, que teriam chances de desenvolvimento se implantados no útero. Em maio do mesmo ano, o então procurador-geral da República, Cláudio Fonteles, entrou com um pedido de inconstitucionalidade contra o artigo que liberava esse tipo de pesquisa, em defesa do direito dos embriões.

Busque mais informações a respeito da polêmica envolvendo as pesquisas com células-tronco embrionárias e depois discuta as questões seguintes com seus colegas, registrando suas conclusões no caderno.

a. Por que as pesquisas com células-tronco embrionárias são alvo de discussões pela sociedade? Que grupos apoiam a Lei de Biossegurança e que grupos não concordam com o artigo sobre esse tipo de pesquisa? 16. a) Veja comentários no Manual.

b. Qual seria o destino dos embriões congelados considerados inviáveis para a fertilização artificial? 16. b) Veja comentários no Manual.

FONTE: LD4: Mendonça (2016, p.257)

Outro ponto de importante a ser salientado é que cada obra traz uma quantidade diferente de atividades, não havendo um padrão que possa ser observado em todos os livros. O livro LD6 é o que mais apresenta questões (73), enquanto, que o LD7 e o LD8 são os que tem menos questões, com 3 e 8 questões respectivamente. Os demais apresentam entre 18 e 30 questões.

Todos os livros, exceto LD7, apresentam questões de memorização, sendo esse tipo de questão predominante, representando mais da metade das questões (entre 54 e 84%). A exceção é o LD6, que apresenta um equilíbrio dos 4 tipos de questões. Já o LD7 apresenta apenas 3 questões, sendo todas com caráter investigativo.

FIGURA 4- MODELO DE ATIVIDADE INVESTIGATIVA.

5. Em grupo, elaborem uma animação em computador ou um vídeo mostrando a sequência de fases iniciais do desenvolvimento embrionário, de zigoto a nêurula. Apresentem para o restante da turma e analisem o material produzido pelos outros grupos.

FONTE: LD6: Thompson; Rios (2016, p.71).

Assim, todos os livros, exceto LD2, apresentam questões investigativas. Apenas 3 livros têm questões de contextualização (LD2, LD4 e LD6). Pelo menos algumas questões de interpretação estão presentes na maioria dos livros, exceto LD7 e LD8.

As atividades complementares foram quantificadas e organizadas no quadro 3, onde os diferentes tipos foram agrupados. Os livros didáticos trazem diversas atividades complementares que abrangem desde práticas até a organização de pesquisas e debates.

QUADRO 3: LISTA DE ATIVIDADES COMPLEMENTARES ENCONTRADAS NOS LIVROS DIDÁTICOS ANALISADOS.

LD1	LD2	LD3	LD4	LD5	LD6	LD7	LD8	LD9	LD10
Sugestão de Pesquisa	0	1: pesquisa sobre celoma	1: células tronco.	2: Células tronco; Reprodução assistida;	17: ciclo menstrual; Gestação; Parto; Desenvolvimento direto e indireto; Tipos de zigoto; Células tronco; Anexos embrionários; Celoma; Clonagem; Reprodução assistida;	1: Cuidados durante a gravidez e adolescência	1: Células tronco; 1: Gravidez na adolescência; 1: Cuidados com o bebê; 1: Cuidados durante a gravidez.	1: Esterilidade masculina. 1: Atual cenário da cesariana no Brasil.	1: zika vírus e a microcefalia
Mapa conceitual	0	0	0	0	2: Sistema genital; Desenvolvimento embrionário	0	0	0	0

Prática / Experimento	1: modelo em massa de modelar: trabalhando com embriões.	0	0	0	1: modelos em massa de modelar do desenvolvimento embrionário.	0	1: modelo em massa de modelar e isopor sobre desenvolvim ento embrionário ; 1: com ovos: cuidados parentais.	2: tipos de ovos e modelos de células reprodutivas humanas.	0	0	0
HQ/ Charge	0	1: gestação humana	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ilustração	0	1: gestação humana	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dramatização	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Animação / vídeo	0	1 procurando nemo: cuidados parentais.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Atividades complementares	0	1: Entrevista sobre planejamento o familiar	1: Entrevista sobre trabalho de parto. 1: debate sobre gravidez na adolescência	1: Debate sobre bioética e reprodução humana.	0	0	0	0	0	0	0

LEGENDA: os números referem-se à quantidade de atividades.

FONTE: o autor (2020).

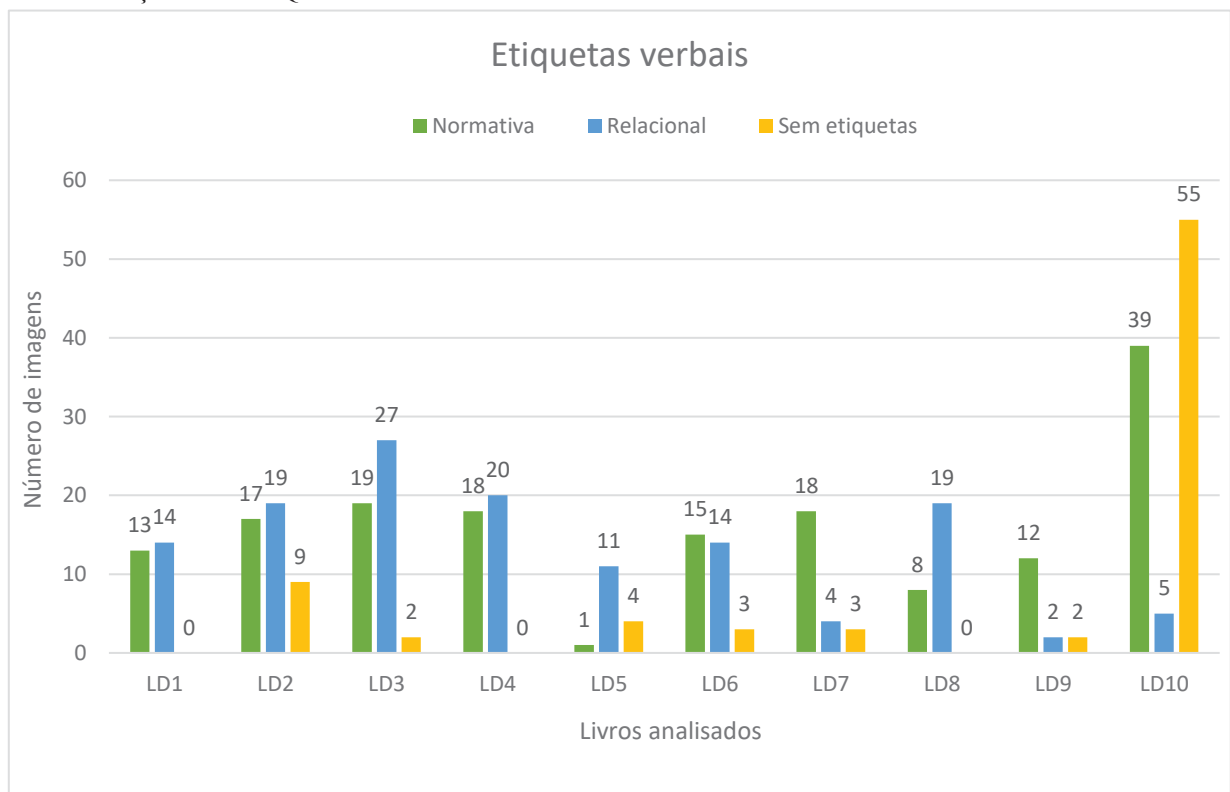
4.3 Análise das imagens

A análise dos livros didáticos demonstra que, entre as obras, existem diferenças na quantidade e funcionalidade das imagens. Em relação a categorização das imagens, a análise segue o proposto por Perales e Jiménez (2002), sendo organizadas nas seguintes categorias:

1- Etiquetas verbais (FIGURA 5), refere-se a textos inseridos ilustrações, e a funcionalidade dos mesmos em relação a interpretação a que foram direcionados. Nesse caso, aplicaram-se as seguintes funcionalidades; a) sem etiquetas para as ilustrações que não apresentaram nenhum tipo de texto inserido (FIGURA 5C); b) relacional, para ilustrações com texto que apresente os relacionamentos presentes na imagem (FIGURA 5B); c) normativa, para textos mais simples, como palavras ou letras que identificam elementos da ilustração (FIGURA 5A).

Os resultados obtidos demonstram que o livro didático LD10, apresenta quantidade maior de imagens sem etiquetas verbais, contabilizando o total de 55 imagens. Os demais livros didáticos analisados apresentam de 9, no LD2 a nenhuma imagem sem etiquetas verbais, nos livros didáticos LD1, LD4 e LD8 (GRÁFICO 3).

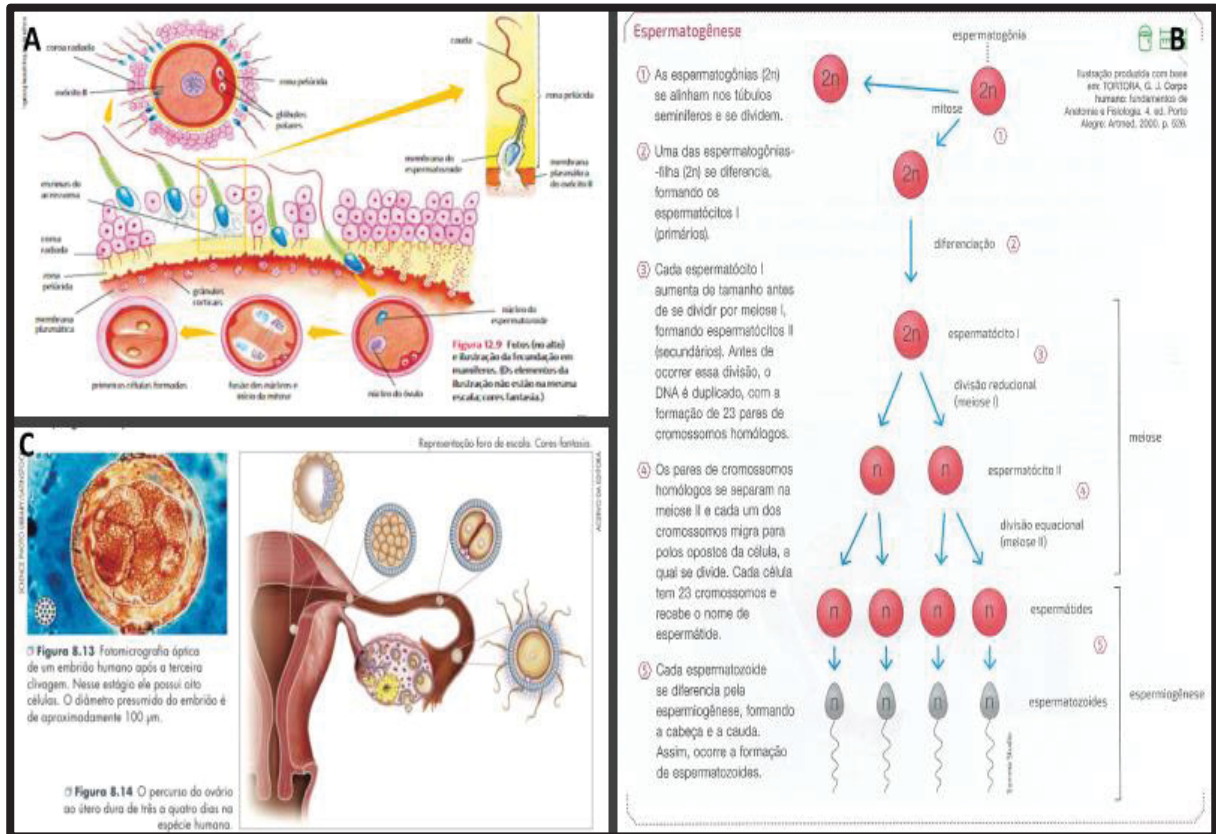
GRÁFICO 3: CATEGORIZAÇÃO DAS IMAGENS CONTIDAS NOS LIVROS DIDÁTICOS ANALISADOS, EM RELAÇÃO AS ETIQUETAS VERBAIS.



FONTE: o autor (2020).

Nota-se uma variação muito grande em relação a disposição das etiquetas verbais. Os livros didáticos apresentam entre 2 (LD9) e 27 (LD3) imagens com etiquetas verbais do tipo relacional. As categorizadas como normativas, vão de 1 no (LD5) a 39 no (LD 10).

FIGURA 5: EXEMPLOS DE IMAGENS PRESENTES NOS LIVROS DIDÁTICOS RELACIONADOS À PRESENÇA OU NÃO DE ETIQUETAS VERBAIS.



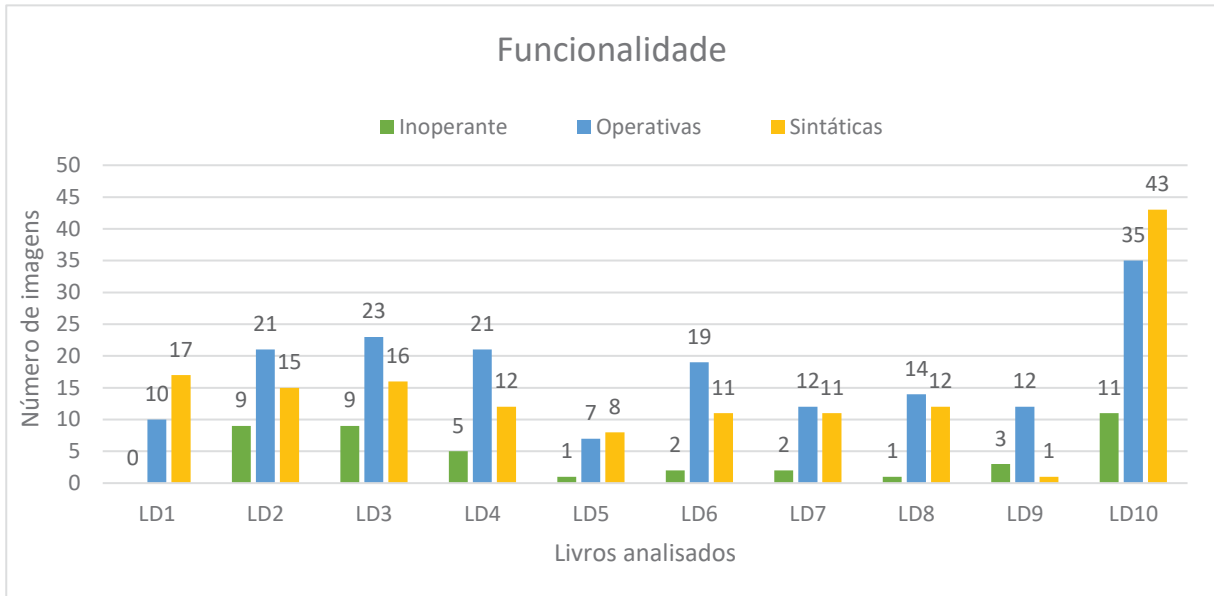
FONTE: A, do tipo normativa, do LD8 (Linhares et al., 2017); B, do tipo relacional, do LD2 (Ogo; Godoy, 2016); C, sem etiquetas, do livro LD10 (Bizzo, 2016).

2- Funcionalidade das ilustrações, refere-se à função que a ilustração tem dentro do contexto em que está inserida. A análise qualificou as ilustrações em: a) inoperantes, quando a ilustração não contribui para sua interpretação e não fornecem elementos que possam servir aos objetivos a que são empregadas; b) operativas, sendo ilustrações de caráter universal de fácil abstração ao estudante que a analisa; c) sintáticas, nas quais a ilustração ou imagem necessitam de conhecimentos específicos para que possa ser interpretada e para que seja possível obter as informações nelas contidas (PERALES; JIMÉNEZ, 2002).

Os resultados apresentam diferença na distribuição da funcionalidade das imagens presentes nos livros didáticos analisados. O número de imagens com funcionalidade do tipo inoperante varia de 0 no LD1 a 11 no LD10. Para as operativas a variação vai de 7 no LD5 a

35 no LD10. Em relação a imagens do tipo sintáticas, os valores vão de 1 no LD9 a 43 no LD10 (GRÁFICO 4).

GRÁFICO 4: NÚMERO DE IMAGENS CONTIDAS NOS LIVROS DIDÁTICOS ANALISADOS, EM RELAÇÃO A FUNCIONALIDADE.

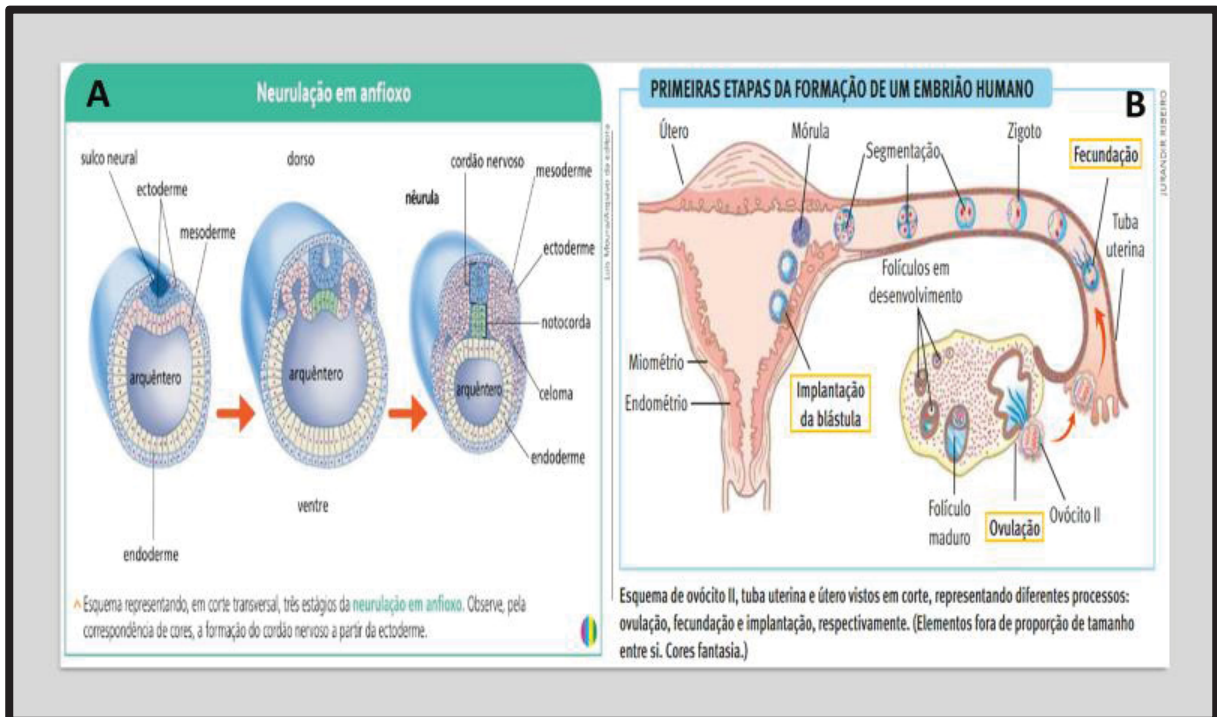


FONTE: o autor (2020).

Como forma de exemplificar a funcionalidade das ilustrações encontradas nos livros didáticos analisados, a figura 6 apresenta 2 ilustrações, sendo uma caracterizada como sintática e a outra como operativa. A figura 6-A, é identificada como sintática, pois demonstra um esquema que requer maior nível de conhecimento das estruturas e processos que levam a formação do tubo nervoso em anfíbios. Tais elementos necessitam de etiquetas explicativas para que o estudante possa identificar o processo que está sendo representado pela ilustração.

A figura 6-B é do tipo operativa, aquelas ilustrações que apresentam elementos universais e de fácil abstração, que não requerem um nível de conhecimento mais estruturado dos estudantes para que possam fazer a sua interpretação.

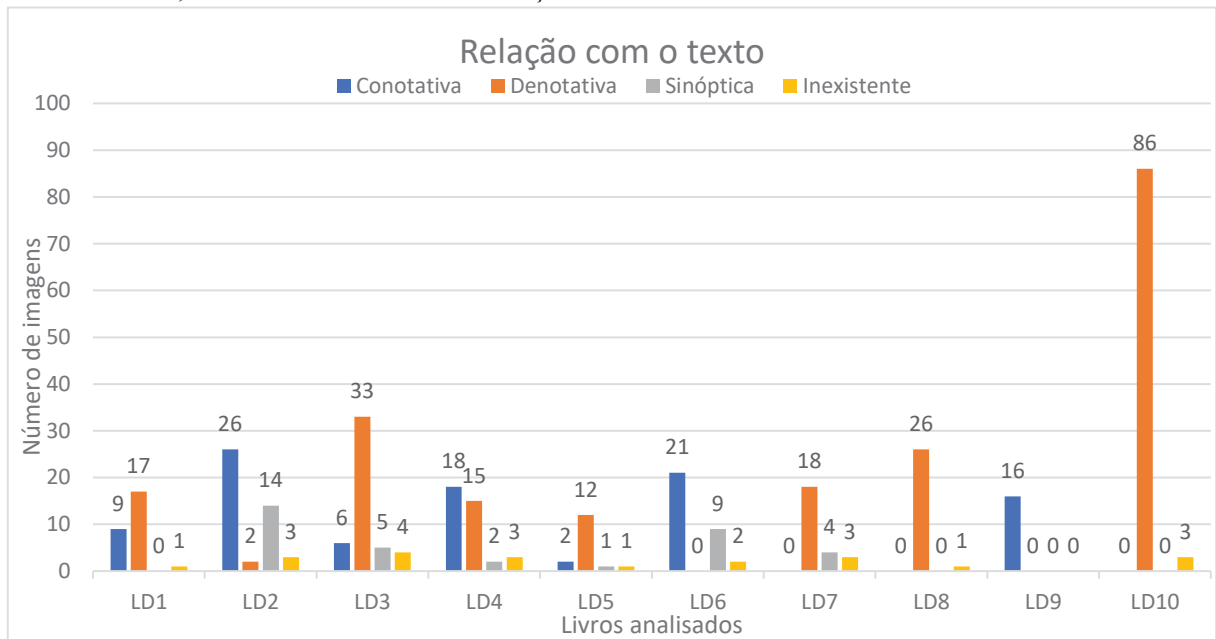
FIGURA 6: EXEMPLO DE CATEGORIZAÇÃO DAS IMAGENS EM RELAÇÃO A SUA FUNCIONALIDADE.



FONTE: A, sintática: LD4 (Mendonça, 2016); B, operativa: LD9 (César et al., 2017).

3- Relação com o texto, diz respeito à interação entre imagem e texto, no qual, as imagens ou ilustrações complementa as informações contidas, sendo que sozinhas não dão sentido ao que é abordado (GRÁFICO 5). Texto e imagem compõem um conjunto que pode ser interpretado e utilizado em situações de ensino e aprendizagem. Podem ser: a) conotativa, quando o texto descreve o conteúdo sem mencionar sua correspondência com elementos da ilustração; b) denotativa, onde o texto faz a correspondência entre os elementos da ilustração; c) sinóptica, descreva as relações entre os elementos da ilustração e o conteúdo apresentado de forma direta onde imagem e texto formam uma unidade visível (PERALES; JIMÉNEZ, 2002).

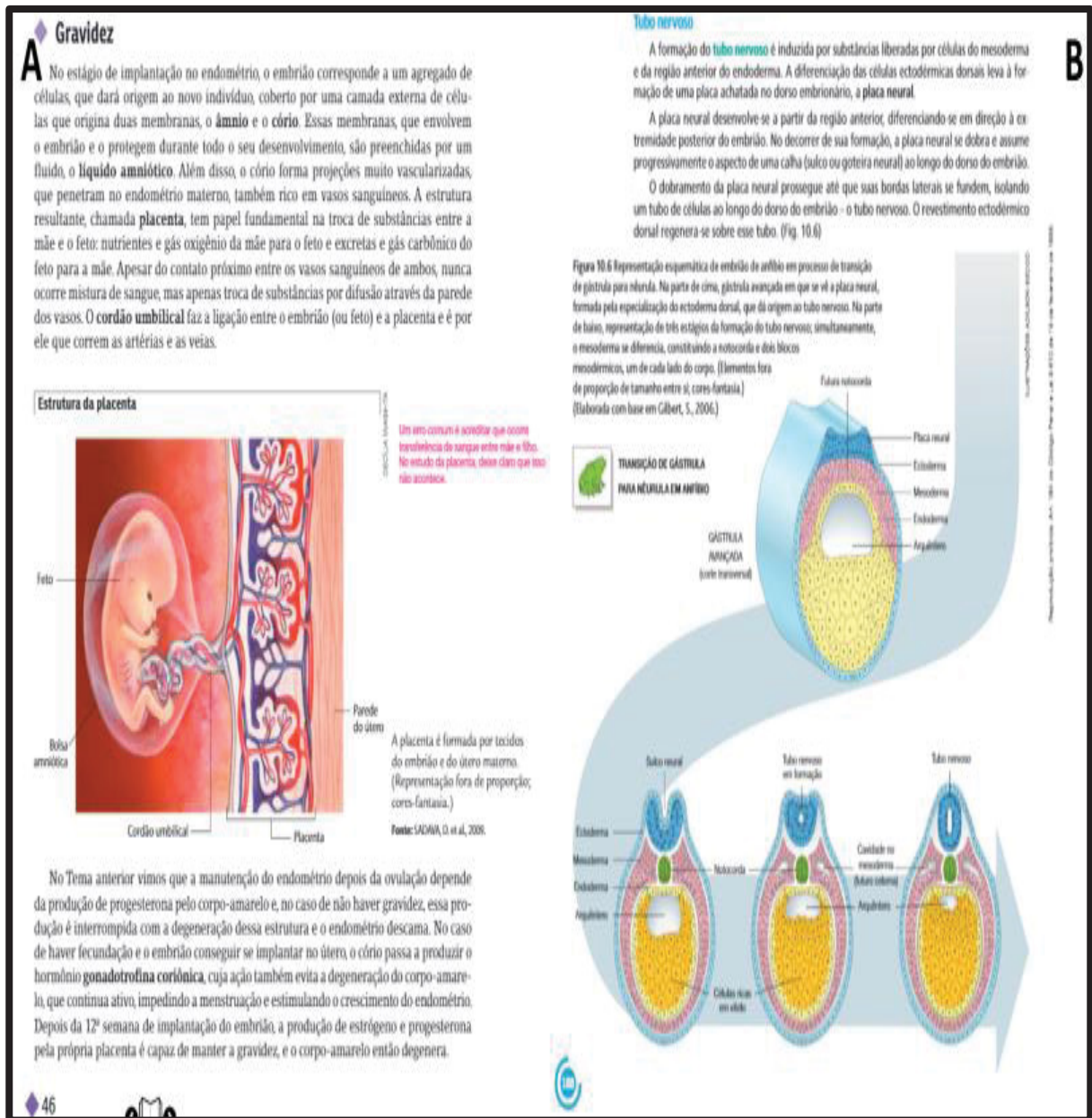
GRÁFICO 5: NÚMERO DE IMAGENS DE CADA CATEGORIA, CONTIDAS NOS LIVROS DIDÁTICOS ANALISADOS, DE ACORDO COM AS RELAÇÕES COM O TEXTO.



FONTE: o autor (2020).

Para as imagens do tipo conotativa (FIGURA 7-A), os resultados variam de 0 imagens nos livros didáticos LD7, LD8 e LD10 a 26 no LD2. Em relação a imagens denotativas (FIGURA 7-B), a variação parte de 0 nos livros didáticos LD6 e LD9 a 86 no LD10. Nas imagens do tipo sinóptica, existe uma variação entre 0 imagens, como é presente nos livros LD1, LD8, LD9 e LD10 a 14 no livro didático LD2. As imagens em que a relação com o texto é inexistente, os valores variam entre 0, no livro LD9 a 4 no livro LD3 (GRÁFICO 5).

FIGURA 7: EXEMPLOS DE CATEGORIZAÇÃO DAS IMAGENS DE ACORDO COM SUA RELAÇÃO COM O TEXTO.



FONTE: A, conotativa. LD6 (Thompson; Rios, 2016); B, Denotativa: LD1 (Amabis; Martho, 2016).

4.4 Transposição didática

A análise do distanciamento dos conceitos ou transposição didática dos conteúdos presentes em cada livro didático analisado, foi feita em relação aos conceitos científicos apresentados em livros texto específicos da área de Embriologia. A análise buscou traçar o grau de distanciamento entre esses conceitos, ou seja, apontar o quanto cada conceito teve de ser adaptado para que pudesse ser utilizado para o nível de ensino a que os materiais são destinados.

A seguir, apresenta-se a análise da transposição didática para os conceitos relacionados a fecundação, clivagem, gastrulação e neurulação. Foram selecionados fragmentos dos conteúdos para facilitar as análises. Optou-se em não transcrever as definições e explicações na íntegra, somente os fragmentos necessários para a interpretação.

4.4.1 Fecundação

Os conceitos de fecundação encontrados em livros didáticos, apresentam certa proximidade nas explicações entre si. Nota-se que dentre as explicações, o termo fusão, união e penetração do espermatozoide no ovócito é recorrente, sendo encontrados em todos os materiais analisados (QUADRO 4).

QUADRO 4: FRAGMENTOS DE TEXTOS DOS CONTEÚDOS DE FECUNDAÇÃO ENCONTRADOS NOS LIVROS DIDÁTICOS ANALISADOS.

LIVRO DIDÁTICO	FECUNDAÇÃO
LD1	<p>“O processo de fusão de dois gametas, com formação de um zigoto diploide, é denominado fecundação (ou fertilização) (...)”</p> <p>“O primeiro espermatozoide a tocar a superfície exposta do óvulo, após a digestão dos envoltórios ovulares, provocando a formação de uma barreira físico-química em torno do citoplasma ovular, a chamada membrana de fecundação. Esta impede a penetração de outros espermatozoides e garante que a fecundação seja realizada pelo único gameta masculino pioneiro”</p> <p>“A membrana plasmática do óvulo funde-se, então, à membrana do espermatozoide e o conteúdo deste – núcleo, mitocôndria e flagelo – é praticamente sugado para o gameta feminino. No citoplasma ovular, os corpos basais do flagelo do espermatozoide, originam os centríolos, que orientam a formação do fuso de microtúbulos para a mitose do zigoto; restos da cauda e mitocôndrias masculinas degeneram” (AMABIS; MARTHO, 2016, p. 174-175).</p>
LD2	<p>“Para ocorrer a fertilização, o espermatozoide precisa desprender a cobertura que protege o acrossomo. Assim, as enzimas do acrossomo penetram a corona radiata, composta de camadas de células ao redor do ovócito e da zona pelúcida, que é uma camada interna à corona radiata. Para que essa barreira seja penetrada, são necessárias enzimas de vários espermatozoides. A zona pelúcida sofre mudanças e bloqueia a entrada de outros espermatozoides. Quando o espermatozoide penetra o ovócito secundário, a meiose II é finalizada, resultando um corpúsculo polar secundário e um óvulo (OGO; GODOY, 2016, p.222)”.</p>
LD3	<p>“O período fértil da mulher corresponde ao período em que o ovócito secundário, ou ovócito II, está na tuba uterina e é possível ocorrer a fecundação, isto é, seu encontro e fusão com um espermatozoide (BEZERRA, et al., 2016, p.188)”.</p>
LD4	<p>“Fecundação é a união do espermatozoide ao óvulo, formando a célula-ovo ou zigoto. O zigoto é, portanto, uma célula diploide, pois contém cromossomos originados do pai e cromossomos originados da mãe (MENDONÇA, 2016, p.238)”.</p>
LD5	<p>“Assim que entra em contato com os envoltórios do gameta feminino, o acrossomo do espermatozoide começa a liberar enzimas hidrolíticas (digestivas). Tal reação acrossômica possibilita, ao final, a fusão das membranas dos dois gametas. Imediatamente, os envoltórios do gameta feminino alteram-se de modo a impedir a penetração de outros espermatozoides.</p>

	<p>A ocorrência da fecundação induz o ovócito secundário a concluir a segunda divisão da meiose, formando o óvulo e um segundo corpúsculo polar. O núcleo haplóide do espermatozoide (agora chamado pronúcleo masculino) pode então unir-se ao núcleo haploide do gameta feminino (o pronúcleo feminino), formando o núcleo diploide do zigoto. (FAVARETTO, 2016, p. 197)”.</p>
LD6	<p>“(…) a fecundação é o processo de fusão entre o espermatozoide e ovócito, que culmina na formação do zigoto, também chamado de célula-ovo”.</p> <p>“Os gametas masculinos são atraídos quimicamente pelo gameta feminino e deslocam-se em direção a ele. Após o contato, ocorre a fusão das membranas dos gametas e a formação da membrana de fecundação, que impede a entrada de outro espermatozoide no gameta feminino (THOMPSON; RIOS, 2016, p.67)”.</p>
LD7	<p>“Na fecundação, antes de atingir a membrana do ovócito II, o espermatozoide atravessa a corona radiata, formada por células derivadas do ovário (células foliculares), e a zona pelúcida, um revestimento externo do ovócito II composto principalmente de glicoproteínas. O espermatozoide atinge, então, a membrana plasmática e inicia a penetração no ovócito II. Nesse momento, originam-se o óvulo e um corpúsculo polar. Forma-se também uma membrana de fecundação, a qual impede a entrada de outros espermatozoides.</p> <p>O núcleo haplóide do óvulo e do espermatozoide recebem o nome de pró-núcleo feminino e pró-núcleo masculino, respectivamente. Com a união desses núcleos (anfímixia) temos a formação da célula-ovo ou zigoto e o início do desenvolvimento embrionário. (LOPES; ROSSO, 2017, Vol. 3, p.17)”.</p>
LD8	<p>“Fecundação é a penetração do espermatozoide no óvulo (ou no ovócito II) e a união dos núcleos dos dois gametas, com a consequente formação do zigoto. Em algumas espécies, o contato é precedido pela atração dos espermatozoides por substâncias químicas produzidas pelo óvulo (ou pelo ovócito II) ou por células que o envolvem (no caso da espécie humana).</p> <p>O espermatozoide penetra apenas em óvulos (ou em ovócitos II) das fêmeas de sua espécie, por causa da presença de proteínas nas membranas dos gametas que se encaixam umas nas outras e garantem a adesão entre eles.</p> <p>O espermatozoide atravessa inicialmente as células que se desprenderam do ovário com o ovócito, a coroa radiada e uma camada de glicoproteínas, a zona pelúcida. Essa passagem é facilitada por enzimas liberadas pelo acrossoma do espermatozoide. Ao entrar em contato com a membrana plasmática, há um processo de ativação do ovócito, fazendo-o a terminar a meiose e formando-se uma membrana que, em geral, impede a entrada de outros espermatozoides (polispermia).</p> <p>Em alguns animais, pode entrar mais de um espermatozoide, mas apenas um sobrevive e une seu núcleo ao núcleo do óvulo – processo conhecido como cariogamia ou anfímixia. Após a cariogamia, forma-se o zigoto, que inicia a mitose.</p> <p>O óvulo (ou ovócito II) contribui com o núcleo e o citoplasma (e suas organelas) para o desenvolvimento da célula-ovo; o espermatozoide contribui com o núcleo e os centríolos (a cauda e as mitocôndrias do colo não penetram no óvulo – ou no ovócito II –, quando penetram, são destruídas). (LINHARES et al., 2017, p. 161-162)”.</p>
LD9	<p>“(…) para que ocorra a fecundação, os espermatozoides devem atravessar os envoltórios do ovócito(…)”</p> <p>“As enzimas liberadas pelos acrossomos dos espermatozoides que atingem o local (apenas algumas centenas dos milhões ejaculados) atuam na dispersão das células da corona radiata, possibilitando, ainda, a penetração pela zona pelúcida. Apenas um espermatozoide penetra no ovócito. Quando isso acontece, forma-se um revestimento do ovócito, impedindo que outros espermatozoides penetram no óvulo. Forma-se assim a chamada membrana de fecundação.</p> <p>No processo da fecundação, ocorre somente a penetração do núcleo masculino no interior do ovócito, não ocorre a entrada do flagelo nem das mitocôndrias do espermatozoide (SILVA JUNIOR et al., 2017, p.217)”.</p>

LD10	<p>“Na fecundação humana, o espermatozoide deve atravessar uma camada de células que envolvem o ovócito e produzem ativamente hormônios sexuais, as células da <i>granulosa</i>. Abaixo dessas células encontra-se a <i>zona pelúcida</i>, camada gelatinosa que o espermatozoide precisa atravessar para penetrar no ovócito. (...) Quando ocorre a penetração de um espermatozoide, o ovócito prossegue o processo meiótico e completa a segunda metáfase, cujo resultado é o óvulo e outro corpúsculo polar sem citoplasma, que também degenera, ao passo que o óvulo tem seu envelope nuclear restaurado. Esse núcleo constitui o pronúcleo feminino, que se fundirá com o pronúcleo masculino. Os centríolos e os pronúcleos são as únicas estruturas íntegras que restaram do espermatozoide que penetrou no ovócito. A cauda do espermatozoide e as outras estruturas acabam por ser digeridas pelos lisossomos do ovócito (BIZZO 2016, p. 200)”</p>
------	--

DESCRIÇÃO DO QUADRO: As frases ou palavras destacados em verde correspondem a erros conceituais. Em vermelho citações que são generalizações não aplicadas a todos os animais. As palavras destacadas em rosa correspondem ao termo óvulo e em azul corresponde ao termo ovócito, termos usados para designar o gameta feminino.

FONTE: o autor (2020).

4.4.2 Clivagem

Os conceitos relacionados à clivagem foram abordados em todos os livros didáticos analisados, sendo que ocorre uma diferença em relação ao distanciamento que cada autor utiliza para apresentar os conteúdos (QUADRO 5).

QUADRO 5: Conceitos de clivagem encontrados nos livros didáticos analisados. As frases ou palavras destacados em vermelho correspondem a erros conceituais.

LIVRO DIDÁTICO	CLIVAGEM
LD1	<p>“Na etapa da segmentação, como o próprio nome sugere, o zigoto divide-se rápida e seguidamente por mitose, originando um aglomerado maciço de células conhecido como blastômeros. Esse aglomerado de blastômeros, pouco maior que o zigoto, lembra uma amora microscópica, sendo, por isso, chamado mórula (do latim <i>mórula</i>, amora). À medida que o desenvolvimento prossegue, ocorre acúmulo de líquido entre as células embrionárias, o que leva ao aparecimento de uma cavidade central. Nesse estágio, o embrião é chamado blástula e a cavidade cheia de líquido é a blastocele (do latim <i>cella</i>, pequeno quarto, cavidade)” (AMABIS; MARTHO, 2016, p. 183).</p>
LD2	<p>“(…) A partir da fertilização, as sucessivas divisões mitóticas do zigoto resultarão em um rápido aumento do número de células. Essas divisões celulares recebem o nome de segmentação ou clivagem. O tipo de segmentação depende da quantidade e da distribuição de vitelo, material rico em nutrientes, especialmente gorduras e proteínas presentes nos ovos dos animais (OGO; GODOY, 2016, p.249)”.</p>
LD3	<p>“Também chamada de segmentação, a clivagem é o processo que envolve as primeiras divisões celulares do zigoto, dando origem às células-filhas, ou blastômeros, que tornam-se menores a cada divisão. Como o vitelo é muito denso e não se divide, sua quantidade e distribuição no ovo determina o tipo de clivagem (BEZERRA, et al., 2016, p. 196)”.</p>
LD4	<p>“(…) aumento do número de células, mantendo-se a dimensão inicial ocupada pelo zigoto. Esse processo, em que o volume não aumenta, embora as células se multipliquem, caracteriza a segmentação ou clivagem (MENDONÇA, 2016, p.239)”.</p> <p>“Como a distribuição do vitelo varia nos diferentes tipos de ovo, a divisão também varia, permitindo considerar dois tipos básicos de segmentação: -holoblástica- ocorre em todo o ovo;</p>

	-meroblástica- ocorre em parte do ovo, somente na região que não possui vitelo, chamada cicatrícula. É nesta região que está o núcleo do zigoto (MENDONÇA, 2016, p.240)”.
LD5	“A primeira etapa do desenvolvimento embrionário é a fase de segmentação (ou clivagem), caracterizada por uma série de divisões celulares consecutivas, em que as células resultantes dividem entre si o vitelo da célula-mãe. Nesse período, o embrião vive à custa do vitelo, e seu tamanho total permanece praticamente inalterado, pois é o volume de cada célula que se torna progressivamente menor (FAVARETTO, 2016, p.202)”.
LD6	“Logo que é formado, o zigoto começa a sofrer uma série de divisões mitóticas na etapa conhecida como clivagem (ou segmentação). O volumoso citoplasma do zigoto é dividido em várias células menores conhecidas como blastômeros. Inicialmente ocorre apenas aumento no número de células do embrião, mas não de tamanho. Até a fase de oito blastômeros, cada um deles é considerado uma célula-tronco totipotente, pois tem potencial para reiniciar o processo e dar origem a qualquer tipo de célula do organismo. As divisões prosseguem e forma-se um agregado celular maciço conhecido como mórula (termo em latim para amora, em razão da similaridade morfológica”. “A distribuição diferencial de vitelo cria uma polarização do zigoto, pois o polo onde há menor quantidade de vitelo (polo animal) se divide mais rapidamente, enquanto o oposto (polo vegetativo) se divide mais lentamente(...) (THOMPSON; RIOS, 2016, p.67)”.
LD7	“Na clivagem, as divisões celulares são muito rápidas e as células não têm tempo para crescer. As células que se formam são chamadas blastômeros.” “O processo de clivagem conduz à formação de um estágio embrionário chamado mórula, que é um maciço de células. A seguir, forma-se a blástula, que, na maior parte dos casos, contém uma cavidade cheia de líquido, chamada blastocele (LOPES; ROSO, 2017, Vol. 2, p.164)”.
LD8	“As divisões iniciais da célula-ovo constituem o processo chamado, segmentação ou clivagem e originam células chamadas blastômeros (do grego <i>blastós</i> = germe; <i>meros</i> =parte). Uma esfera maciça de blastômeros é chamada mórula (do latim <i>mórula</i> =diminutivo de amora)”. A segmentação pode ser mais rápida ou mais lenta conforme a quantidade de vitelo. Isso ocorre porque, como o vitelo é um material metabolicamente inerte, ele dificulta a segmentação. Assim, o tipo de segmentação depende, entre outros fatores, da quantidade acumulada no vitelo (LINHARES et al., 2017, p.186)”.
LD9	“Após a formação do ovo, iniciam-se as primeiras divisões celulares – a clivagem. A série de divisões mitóticas do zigoto resulta na formação de um grupo maciço de células, a mórula (do latim, <i>morus</i> = amora). As muitas células, ou blastômeros, que compõem a mórula são bastante semelhantes entre si, podendo variar apenas em tamanho. Elas são formadas por divisões mitóticas sem que tenha ocorrido crescimento celular, o que mantém o volume do zigoto inalterado. Após um certo número de mitoses, a mórula aumenta de volume, pois suas células se afastam e forma-se uma cavidade interna, a blastocele, visível apenas em cortes histológicos. Nesse estágio, fala-se em blástula (SILVA JUNIOR et al., 2017, p.50)”.
LD10	“(…) o zigoto começa a se dividir e ocorre a primeira clivagem – diz-se que o embrião sofre uma clivagem a cada vez que ele duplica o seu número de células. Assim, a primeira divisão celular é a primeira mitose e sua primeira clivagem. Dez horas depois da primeira clivagem, cada uma das células se dividirá novamente, formando agora um pequeno embrião com quatro células. Cada uma delas recebe o nome de <i>blastômero</i> . Apesar de haver o aumento no número de células embrionárias, nesse estágio inicial de desenvolvimento o embrião permanece do mesmo tamanho devido à rigidez da zona pelúcida, que continua a envolver o embrião. Essa massa compacta de blastômeros configura um estágio denominado <i>mórula</i> , pois lembra uma amora. A mórula continua a passar por mitoses até que se forma uma estrutura esférica com uma cavidade interna, denominada <i>blástula</i> . A blástula tem uma cavidade cheia de líquido e continua a passar por mitoses (BIZZO, 2016, p. 202-203)”.

DESCRIÇÃO DO QUADRO: Em verde são destacados os erros conceituais e em vermelho citações que são generalizações não aplicadas a todos os animais.

FONTE: o autor (2020).

4.4.3 Gastrulação

Os resultados da análise dos conteúdos relacionados a gastrulação (QUADRO 6) mostram que todos os livros didáticos trazem alguma explicação que guarda, em cada uma das obras, um certo nível de aprofundamento e diferentes formas de distanciamento para tornar os temas acessíveis ao estudante.

QUADRO 6: CONCEITOS PARA GASTRULAÇÃO, ENCONTRADOS NOS LIVROS DIDÁTICOS ANALISADOS.

LIVRO DIDÁTICO	GASTRULAÇÃO
LD1	<p>“O estágio que se sucede à blástula é chamado gástrula e seu processo de formação é denominado gastrulação.</p> <p>Durante essa etapa da embriogênese, as células embrionárias passam por grandes alterações, que definem o plano corporal básico do futuro animal.</p> <p>Na gastrulação, células que darão origem a músculos e órgãos internos migram para o interior do embrião, enquanto células precursoras da pele e do sistema nervoso dispõem-se na superfície” (AMABIS; MARTHO, 2016, p.186-187).</p>
LD2	<p>“Após a formação da blástula, uma série de movimentos e arranjos celulares irá formar a gástrula, ou seja, o próximo estágio do desenvolvimento embrionário. Esse processo, chamado gastrulação, forma as camadas germinativas ou folhetos embrionários, que são duas camadas de células, a ectoderme e a endoderme. Cada uma delas originará diferentes tecidos e órgãos do corpo do animal.</p> <p>Em animais como os cnidários (anêmona-do-mar e água-viva), são formados somente duas camadas germinativas: a ectoderme e a endoderme. Esses animais são chamados diblásticos. Na maioria dos outros animais, inclusive os vertebrados, ocorre a formação de uma terceira camada, a mesoderme, situada entre as outras duas. Esses animais são chamados triblásticos (OGO; GODOY, 2016, p.252)”.</p>
LD3	<p>“À medida que as células da blástula se dividem, tem início uma nova etapa do desenvolvimento embrionário, a gastrulação (do grego gastros, “cavidade digestiva”). A gastrulação faz surgir uma nova cavidade, o arquêntero, espécie de tubo digestório primordial que se comunica com o exterior por uma abertura, o blastóporo (BEZERRA, et al., 2016, p. 197)”.</p>
LD4	<p>“Após a formação da blástula, inicia-se a gastrulação, processo em que as células embrionárias continuam a se dividir, ocorrendo aumento do volume total. Ao final desta fase, forma-se a gástrula”.</p> <p>“(…) No início da gastrulação, ocorre uma invaginação do polo vegetativo, como se essas células fossem empurradas para a região interna do embrião. Essa invaginação é possível porque a velocidade com que essas células se multiplicam é menor do que a velocidade de multiplicação das células do polo animal” (MENDONÇA, 2016, p.242-243).</p>
LD5	<p>“Após a segmentação, ocorre a gastrulação, que leva o embrião a assumir uma organização tridimensional complexa.</p> <p>A gastrulação do anfioxo inicia-se com o crescimento mais acelerado de um dos polos do embrião, sendo as células do outro polo invaginadas, ou seja, empurradas para dentro. Tal movimentação invade a blastocele e forma um tubo, conhecido como o arquêntero (o intestino primitivo), que se comunica com o exterior por meio de um orifício, o blastóporo. O embrião com esse formato recebe o nome de gástrula (do grego gaster, ventre) (FAVARETTO, 2016, p.203)”.</p>
LD6	<p>“(…)gastrulação, o embrião começa a aumentar consideravelmente de tamanho. Os blastômeros começam a crescer em volume e a modificar seu posicionamento de maneira bastante intensa. A organização do padrão corporal tem início com a definição dos eixos corporais nessa fase(…)”</p>

	“Os padrões de gastrulação variam muito entre os grupos animais, mas em geral envolvem a combinação de alguns tipos básicos de movimentos. Nessa fase, a reorganização das células cria o primórdio do tubo digestório, o arquêntero, e o blastóporo (a abertura do arquêntero) (THOMPSON; RIOS, 2016, p.67)”.
LD7	“ Na gastrulação há aumento do número de células e do volume total do embrião , chegando até a formação da gástrula. O estágio seguinte ao da gastrulação é a organogênese, em que ocorre a diferenciação dos tecidos e órgãos (LOPES; ROSSO, 2017, Vol. 2, p.165)”.
LD8	“(…) a mórula transforma-se em um embrião oco, a blástula (do grego <i>blastós</i> =broto; <i>ula</i> =sufixo diminutivo), com uma cavidade, a blastocele (do grego <i>koilos</i> =cavidade), que sofre uma invaginação e origina a gástrula (do grego <i>gaster</i> =estômago). Esse processo é chamado gastrulação. A gástrula é formada por duas camadas de células, os folhetos embrionários ou germinativos: a ectoderme (do grego <i>ektos</i>=de fora; <i>derma</i>=pele) e a endoderme (do grego <i>endon</i>=interno) (LINHARES et al., 2017, p.190-191)”.
LD9	“A gastrulação caracteriza-se por acentuado crescimento e diferenciação das células em tecidos ou folhetos embrionários, os quais são inicialmente: a ectoderme e a endoderme (SILVA JUNIOR et al., 2017, p.50)”.
LD10	“ Esse processo forma uma nova cavidade, cuja abertura se fecha gradativamente, até restar apenas um poro, chamado blastóporo. Essa pequena estrutura corresponde ao estágio embrionário que sucede a blástula é denominado <i>gástrula</i> , e o processo é denominado <i>gastrulação</i> . (...) Como regra geral, a blástula tem uma só camada de células , mas isso se altera na gastrulação, quando passa a ter dois primórdios de tecido, chamados folhetos embrionários ou folhetos germinativos: a ectoderme e a endoderme. O termo “germinativo” se justifica por esses tecidos conterem “germes”, no sentido de “primórdios”, de órgãos e estruturas (BIZZO, 2016, p. 203-204)”.

DESCRIÇÃO DO QUADRO: Em verde são destacados os erros conceituais e em vermelho citações que são generalizações não aplicadas a todos os animais.

FONTE: o autor (2020).

4.4.4 Neurulação

Sobre o desenvolvimento do tubo nervoso, os livros didáticos analisados apresentam o tema de forma diferente. Alguns livros como o LD1, LD3, LD6, LD7 e LD9 trazem um conteúdo mais completo, desenvolvendo os temas com os devidos distanciamentos que possibilitam a interpretação e compreensão por parte dos estudantes. O único material que não apresentou uma explicação para a formação do tubo nervoso (neurulação) e não menciona a notocorda e seu destino, foi o LD10. Os livros LD2, LD4, LD5 e LD8 trazem os temas analisados de forma mais resumida, com distanciamento vertical, com as adequações da linguagem científica. Como exemplo, o livro LD5 apresenta a neurulação em apenas um parágrafo de 6 linhas (QUADRO 7).

QUADRO 7: CONCEITOS PARA NEURULAÇÃO, ENCONTRADOS NOS LIVROS DIDÁTICOS ANALISADOS.

LIVRO DIDÁTICO	NEURULAÇÃO
LD1	<p>“Durante o desenvolvimento dos animais cordados, ao final do estágio de gástrula, células embrionárias localizadas ao longo do dorso do embrião começam a se diferenciar, originando uma estrutura tubular oca, o tubo nervoso ou tubo neural, e um cordão maciço de células, a notocorda. Nesse estágio de desenvolvimento embrionário, o embrião é denominado nêurula (do grego neuron, nervo), uma vez que aí começa a ser esboçado o sistema nervoso. A formação do tubo nervoso é induzida por substâncias liberadas por células do mesoderma e da região anterior do endoderma. A diferenciação das células ectodérmicas dorsais leva à formação de uma placa achatada no dorso embrionário, a placa neural (AMABIS E MARTHO, 2016, p. 188)”.</p>
LD2	<p>“(…) a primeira etapa da organogênese é conhecida como neurulação. Nessa etapa, ocorre a formação do tubo neural e da notocorda, uma estrutura de sustentação flexível presente em todos os animais cordados. Já nos vertebrados, essa estrutura originará a coluna vertebral. A notocorda permanece durante toda a vida em alguns animais, como o anfioxo, um animal cordado não vertebrado que vive boa parte do tempo enterrado em areias de praias (OGO; GODOY, 2016, p.253)”.</p>
LD3	<p>“(…) A etapa inicial da organogênese é a neurulação. Nessa etapa, forma-se o tubo neural, do qual derivam as estruturas do futuro sistema nervoso; ao final da neurulação, a gástrula atinge o estágio de nêurula. Na nêurula, o celoma já está formado e as células de cada folheto embrionário já estão diferenciados. O plano corporal do futuro animal, com suas regiões dorsal e ventral, cranial e caudal, também se encontra definido nesse estágio do desenvolvimento embrionário (BEZERRA, et al., 2016, p.199)”.</p>
LD4	<p>“(…)neurulação, processo que corresponde à formação do tubo neural (por isso o nome) e de outras estruturas. Em seguida, mencionaremos o destino dos folhetos germinativos, com exemplos de tecidos que derivam deles. Para o estudo da neurulação, usaremos como exemplo o anfioxo, por ser relativamente simples. O anfioxo pertence ao grupo dos cordados, animais que possuem notocorda, um bastão flexível, de posição dorsal. No grupo dos cordados, estão também os vertebrados, ou seja, os animais que possuem vértebras. Assim, o anfioxo é um cordado não vertebrado, mas parente próximo desse grupo de animais. Vamos ver, então, como ocorre a neurulação no anfioxo. Logo ao final da gástrula, duas formações surgem: > a placa neural – formada pela ectoderme; > a notocorda – formada pela mesoderme” (MENDONÇA, 2016, p.244).</p>
LD5	<p>“Na região dorsal do embrião, induzido pelo mesoderma, o ectoderma forma o tubo neural, que dá origem, nos vertebrados, ao encéfalo e à medula espinal, componentes da parte central do sistema nervoso. Nessa etapa do desenvolvimento, o embrião passa a se chamar nêurula. O dorso do arquêntero origina a notocorda, que é o eixo de sustentação do embrião (FAVARETTO, 2016, p. 203)”.</p>
LD6	<p>“Durante o fechamento do tubo nervoso ocorre a diferenciação da crista neural, também a partir do ectoderma do embrião. As células da crista neural migram pelo corpo e dão origem aos gânglios nervosos, neurônios periféricos, células gliais, cartilagem e ossos cranianos. O tubo nervoso origina a medula espinal, e sua região anterior dilata-se e origina o encéfalo. Nos cordados, uma parte do mesoderma dorsal forma um bastão rígido chamado notocorda. Essa estrutura é importante na sustentação e na indução da diferenciação do sistema nervoso. É uma estrutura transitória na maioria dos cordados, sendo substituída pela coluna vertebral (THOMPSON; RIOS, 2016, p.70-71)”.</p>
LD7	<p>“A notocorda em desenvolvimento induz a ectoderme sobre ela a se expressar e formar a placa neural, tendo início a neurulação, uma fase da organogênese.</p>

	Durante a neurulação, ocorre invaginação ao longo do eixo central da placa neural, formando o sulco neural, com pregas laterais (pregas neurais) que, por volta do final da terceira semana , estão quase totalmente unidas dorsoventralmente (LOPES; ROSSO, 2017, Vol. 3, p.27)”.
LD8	<p>“Em seguida, surge um terceiro folheto, a mesoderme (do grego <i>mesos</i>=meio, intermediário). Proveniente de uma região do folheto interno. Ao mesmo tempo, formam-se o celoma (cavidade geral do corpo), a notocorda ou corda dorsal e o intestino primitivo. Essas modificações do folheto interno são acompanhadas pela formação do tubo neural a partir da ectoderme. O embrião passa a ser chamado nêurula, começando então a fase de organogênese, isto é, o início da formação dos órgãos.</p> <p>A notocorda e o tubo neural formam-se apenas nos cordados. A notocorda é um eixo de sustentação do embrião, que permanece na fase adulta do anfioxo, mas nos vertebrados é gradativamente substituída pela coluna vertebral. O tubo neural origina o sistema nervoso (LINHARES et al., 2017, p.191)”.</p>
LD9	<p>“A partir do estágio de uma gástrula jovem, acentuam-se ainda mais o crescimento e a diferenciação celular, com a formação da mesoderme e de outras estruturas. É marcante o alongamento da gástrula, ficando sua região dorsal achatada e com os blastômeros mais espessos, constituindo na linha mediana a chamada placa neural. Em seguida, as bordas da placa formam duas pregas, originando um sulco longitudinal, o sulco neural, que se fecha gradualmente de trás para a frente e forma o tubo neural. Ele dará origem ao sistema nervoso do animal. Nesse estágio, fala-se em nêurula.</p> <p>Simultaneamente ao aparecimento do tubo neural, na região dorsal do arquêntero, surge a notocorda, uma espécie de bastão flexível de sustentação do corpo, características dos cordados(...) (SILVA JUNIOR et al., 2017, p.51)”.</p>
LD10	Não apresenta o tema analisado.

DESCRIÇÃO DO QUADRO: Em verde são destacados os erros conceituais e em vermelho citações que são generalizações não aplicadas a todos os animais.

FONTE: o autor (2020).

5. DISCUSSÃO

5.1 Análise dos conteúdos predominantes

Em cinco dos livros didáticos analisados, a quantidade de páginas voltadas à embriologia geral (animal) é maior do que as destinadas à Embriologia humana, como pode ser observado nos livros LD1, LD4, LD5, LD6 e LD8. Isso pode determinar um direcionamento maior aos temas de embriologia geral, uma vez que o livro didático é um dos principais meios para consulta de professores e alunos, influenciando a seleção dos conteúdos a serem trabalhados (KRASILCHIK, 2004; BRASIL, 2011).

Um dos exemplos mais usados nos livros didáticos, a fim de ilustrar o desenvolvimento embrionário, é o anfioxo, que é uma animal cordado invertebrado pouco conhecido da maioria das pessoas. De acordo com JOTTA (2005), o fato de os livros darem ênfase no uso do anfioxo como modelo para o desenvolvimento dos animais pode tornar o processo de aprendizagem mais difícil pois não está vinculado ao cotidiano dos estudantes, não sendo assim, algo significativo.

Os resultados obtidos da análise dos livros didáticos apresentam um panorama em que a Embriologia humana foi priorizada em quatro dos livros didáticos, sendo eles: LD2, LD7, LD9 e LD10. A opção em dar mais ênfase nos conteúdos relacionados ao desenvolvimento embrionário humano e na gestação parece fazer mais sentido, pois é o que preconizam os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), segundo os quais o ensino de Embriologia deve priorizar o desenvolvimento humano não havendo a necessidade do estudo de muitas espécies (BRASIL, 2002).

5.2 Análise das questões

A definição de questões abertas ou discursivas pode ser verificada em Krasilchik (2004), onde a autora também nomeia esse tipo de atividade como questões de resposta livre, as quais estimulam nos estudantes a síntese dos conteúdos estudados. De acordo com a autora: “são as questões que exigem dos alunos respostas estruturadas e apresentadas com suas próprias palavras, prestando-se, portanto, a avaliar a capacidade de analisar problemas, sintetizar conhecimentos, compreender conceitos, emitir juízos de valor, etc” (KRASILCHIK, 2004, p. 147).

As atividades encontradas nos livros didáticos analisados diferem em suas funções, sendo que as de memorização foram as mais frequentes, apenas não observadas nos livros didáticos LD7 e LD10.

No ensino de Ciências Naturais, em particular a Biologia, considera-se importante que os livros didáticos apresentem atividades práticas e investigativas, pois tais atividades estimulam o trabalho em equipe e fortalecem a prática da investigação no ensino de Biologia, contribuindo para que o trabalho em sala de aula se aproxime do trabalho científico (VASCONCELOS; SOUTO, 2003). Ao propor atividades que tenham um viés investigativo, o livro didático contribui para a formação integral do estudante, e para o desenvolvimento de habilidades. De acordo com Zômpero e Laburú (2011),

O ensino por investigação, que leva os alunos a desenvolverem atividades investigativas, não tem mais, como na década de 1960, o objetivo de formar cientistas. Atualmente, a investigação é utilizada no ensino com outras finalidades, como o desenvolvimento de habilidades cognitivas nos alunos, a realização de procedimentos como elaboração de hipóteses, anotação e análise de dados e o desenvolvimento da capacidade de argumentação (ZÔMPERO; LABURÚ, 2011, p. 73).

Seguindo esse princípio, a BNCC para a área de Ciências da Natureza, traz como um dos princípios os processos e práticas de investigação, segundo a qual, essa abordagem contribui para a aproximação do estudante aos processos e procedimentos de investigação, tais como:

(...) identificar problemas, formular questões, identificar informações ou variáveis relevantes, propor e testar hipóteses, elaborar argumentos e explicações, escolher e utilizar instrumentos de medida, planejar e realizar atividades experimentais e pesquisas de campo, relatar, avaliar e comunicar conclusões e desenvolver ações de intervenção, a partir da análise de dados e informações sobre as temáticas da área (BRASIL, 2018, p.550)

As atividades complementares foram contabilizadas e demonstram uma diversidade de estratégias, sendo que cada obra traz algum tipo de proposta a ser desenvolvida pelos estudantes. Dentre as propostas complementares pode se destacar as propostas de práticas para modelagem em diversos materiais, para representação do processo de embriogênese, como os presentes nos livros LD1, LD4, LD6, LD7. Esse tipo de prática difere das tradicionais atividades de demonstração, nas quais o estudante é um agente observador do andamento do trabalho. Segundo Bassoli (2014), demonstrações práticas são aquelas em que o estudante não pode intervir. Ao desenvolver atividades práticas com massa de modelar o estudante realiza atividades com metodologia ativa, uma vez que requer maior interação na realização da atividade. De acordo com (BASSOLI, 2014, p. 583), “(...)este tipo de atividade estimula, ao

máximo, a interatividade intelectual, física e social, contribuindo, sobremaneira, para a formação de conceitos”.

Outro tipo de atividade complementar proposta por alguns livros foi a dramatização, um importante recurso que apresenta potencial como atividade investigativa e que possibilita a interação entre os estudantes, promovendo a cooperação e o protagonismo juvenil. De acordo com De Melo e Feitoza (2013), a dramatização possibilita uma melhora no processo de consolidação da memória devida a componentes emocionais que são despertados através dessa categoria de atividade.

Os livros didáticos LD2 e LD3 trazem propostas para a organização de um júri simulado sobre células tronco, planejamento familiar, homofobia e gravidez na adolescência. Devido ao fato de esses temas estarem relacionados com a reprodução, essas atividades contribuem para o desenvolvimento de atitudes positivas e conscientes sobre esses temas, possibilitando tomadas de decisões mais conscientes.

5.3 Análise das imagens

O uso das imagens em materiais didáticos revela a importância desse tipo de linguagem e o potencial que pode ser alcançado em provocar no estudante a curiosidade a respeito do tema abordado. As imagens por si, podem não carregar sentido algum para aquele que a observa, porém, o contexto em que se apresenta tem potencial de facilitar a aprendizagem (SILVA, 2006).

Perales e Jiménez (2002) apresentam, em seu trabalho, análise de imagens em livros didáticos de Física e propõem metodologia para a análise dessas imagens, sugerindo a funcionalidade para cada uma delas. Consideram desde sua relação com o texto, se são explícitas ou não se têm potencialidade de facilitar o aprendizado do tema ao qual se destina, bem como a presença de etiquetas verbais, que traduzem a imagem e facilitam sua leitura e interpretação. De acordo com Perales e Jiménez (2002), o uso de imagens ou outras expressões gráficas são usadas em ciências ao longo da história, sendo necessária certo nível de instrução ou “alfabetização gráfica” dos estudantes para compreender e interpretar uma imagem ou ilustração.

Seguindo esses critérios, os livros didáticos analisados no presente estudo diferem em relação à quantidade de imagens e suas funcionalidades. Pode se perceber que existe uma certa preocupação dos editores de livros em apresentar imagens bem diagramadas, coloridas e muitas vezes fotos para tornar a ilustração mais próxima da realidade possível. De acordo com Moles

(1976), as fotos se aproximam mais dos objetos reais, apresentando um grau maior na escala de iconicidade por ele proposta, alcançando um nível de proximidade maior que esquemas e desenhos esquemáticos.

A iconicidade das imagens analisadas foi determinada por uma escala proposta por Moles (1976), onde o grau de iconicidade revela a proximidade da imagem com a realidade, sendo uma fotografia considerada com grau menor que o objeto a que ela representa. Assim sendo, as imagens presentes nos livros didáticos analisados variam bastante em relação a sua iconicidade, tendo fotografias como o maior grau, ou o que se aproxima mais da realidade almejada e esquemas simplificados de corte anatômico de embriões categorizados abaixo na escala.

Os livros analisados mostram uma proporção maior de ilustrações com etiquetas verbais, sendo poucas imagens analisadas que não apresentaram algum tipo de texto ou palavras, possibilitando uma melhor leitura da imagem e integrando seus elementos com a totalidade da ilustração. De acordo com Coutinho et al. (2011), o uso de imagens se torna relevante ao ser acompanhado de um texto verbal. As relações encontradas entre ilustração e os textos que a acompanham são importantes ao promoverem melhor interação entre o observador e a imagem. Em se tratando de materiais destinados a estudantes de ensino médio, isso pode ser um meio de auxiliar a aprendizagem ou reduzir as chances de interpretações distorcidas do conteúdo ilustrado (PERALES; JIMÉNEZ, 2002). Por outro lado, relações ruins entre texto e imagens podem não colaborar ou até mesmo prejudicar o entendimento

Três livros didáticos analisados (LD1, LD4 e LD8) demonstram o papel das etiquetas verbais na construção de uma ilustração, pois tais materiais apresentam apenas imagens com a presença das etiquetas e ficou evidente a sua utilidade na melhor interpretação das imagens. Apenas um livro (LD2) trouxe um número alto de ilustrações sem tais elementos, contabilizando 9 de um total de 45 ilustrações (20%). Os outros materiais apresentam maior presença de etiquetas do tipo normativa e relacional

As análises dos livros didáticos mostram que a grande parte das ilustrações desempenham uma função dentro dos temas abordados pelos materiais didáticos. Porém, vale salientar que algumas ilustrações trazem a necessidade de o estudante possuir um domínio mais amplo de assuntos que podem não ser essenciais ao ensino médio, tais como a exacerbada ênfase que se faz em relação ao desenvolvimento embrionário do anfíoxo, que, no caso de alguns livros didáticos analisados, é utilizado como padrão. No LD8, as duas únicas imagens que se destinam a ilustrar a organogênese são do animal anfíoxo. Entende-se a utilização das imagens do organismo modelo mais utilizado, porém, poderia destinar maior atenção a

ilustrações de situações que estão em maior contato com a realidade vivida pelos estudantes (JOTTA, 2005).

Os livros analisados apresentam maior número de ilustrações categorizadas como conotativa. Tal situação, em que o estudante deve estabelecer as relações existentes entre o texto e a ilustração, pode ser um obstáculo à aprendizagem, ou até mesmo levar a interpretações equivocadas. De acordo com Coutinho et al. (2011), quando um estudante se depara com uma imagem, apenas algumas partes da estrutura podem ser retidas na memória. Portanto, quando se utiliza imagens sem a contextualização com o texto, a interpretação fica a cargo de quem está fazendo a leitura do material, e como não há uma memorização de todos os elementos da imagem, pode-se favorecer a compreensão equivocada do objetivo da ilustração.

De acordo com Silva (2006), a imagem, ao ser lida, se integra a uma vasta rede de imagens que já foram vistas e, isso, compõem a sensação de realidade. Logo, por se tratar de temas que os estudantes não têm a percepção de mundo ainda, deve-se proporcionar a devida contextualização para que o conteúdo que se pretende trabalhar possa efetivamente ser dotado de significado, tornando a presença das etiquetas verbais importante para a compreensão da imagem.

5.4 Transposição didática

A seguir, apresenta-se a análise da transposição didática para os conceitos relacionados a fecundação, clivagem, neurulação e gastrulação.

5.4.1 Fecundação

De acordo com Garcia e Garcia-Fernández (2012), responsáveis pelo principal livro de Embriologia Comparada utilizado em nível superior “a fecundação pode ser definida como o encontro de duas células gaméticas formando um indivíduo diferente daquele que o originou (...)” (GARCIA; GARCIA-FERNÁNDEZ, 2012, p. 84).

Pode se ampliar o conceito de fecundação utilizando o texto presente no livro Embriologia Humana redigido por Moore e colaboradores (2016), no qual a fecundação é apresentada com outros detalhes:

(...) A fecundação é uma complexa sequência de eventos moleculares coordenados que começa com o contato entre um espermatozoide e um oócito. A fecundação termina com a mistura de cromossomos maternos e paternos na metáfase (uma fase da mitose) da primeira divisão mitótica do zigoto (Moore et al., 2016, p.21).

O LD1 traz uma explicação bastante completa sobre a fecundação considerando o nível de aprofundamento que é esperado para o ensino médio. Contudo, os autores mencionam que "o primeiro espermatozoide a tocar a superfície externa do ovócito", que denominam "gameta masculino pioneiro" é necessariamente aquele que irá fecundar o ovócito. Contudo é importante mencionar que, para que a fecundação seja possível, ser o primeiro espermatozoide a chegar no local da fecundação por si só não garante que esse gameta é aquele que participará do processo, pois é fundamental que tenha passado por uma etapa anterior que leva de 6 a 8h de permanência do espermatozoide no organismo feminino. Através desse processo, conhecido como capacitação, o espermatozoide adquire competência em nível molecular para executar os processos envolvidos na aproximação, no reconhecimento e fusão dos gametas (SOUSA, 2003). Outro aspecto relacionado ao processo de capacitação é mencionado no LD2, quando menciona "Para que ocorra a fertilização o espermatozoide precisa desprender a cobertura que protege o acrossoma" (OGO; GODOY, 2016, p. 222). No entanto, as alterações e a remoção de moléculas ocorrem na membrana plasmática do espermatozoide e não na membrana do acrossoma (SOUSA, 2003).

Ao comparar os conceitos encontrados nos livros de referência e os livros didáticos analisados pode-se verificar diferentes níveis e formas de distanciamento ou transposição didática, sendo que cada livro didático enfatiza determinados pontos do assunto abordado.

Uma situação que apresenta um distanciamento horizontal na apresentação da fecundação diz respeito ao processo de fusão dos gametas, termo utilizado nas referências. Foi observado que para explicar a fecundação, os livros didáticos utilizam três palavras principais: penetração, presente nos livros didáticos LD2, LD7, LD8, LD9, LD10; fusão, encontrada nos livros LD1, LD3, LD5, LD6; união, presente apenas no LD4. Esse distanciamento, com a utilização de diferentes termos, tem por objetivo facilitar a compreensão do conceito científico de fecundação, uma vez que ao dizer que ocorre a penetração do espermatozoide, o estudante consegue, devido a maior familiarização com a palavra, compreender o fenômeno que se pretende.

Pode-se compreender que as diferentes denominações funcionem como analogias e facilitem a aprendizagem, porém, deve-se ter cautela com a utilização de analogias pois como aponta Bachelard (1996), elas podem gerar concepções equivocadas dos conceitos científicos.

O LD1 apresenta a fecundação como "O processo de fusão de dois gametas, com formação de um zigoto diploide" (LD1: AMABIS; MARTHO, 2016, p. 174). Descreve os fenômenos da fecundação, estabelecendo as adaptações necessárias para que os temas sejam

acessíveis aos estudantes para a faixa etária do ensino médio. Ao descrever o processo de fusão das membranas dos gametas e a entrada do conteúdo do espermatozoide no óvulo, usa o termo “sugado” para expressar esse processo. O uso de termos que sejam de uso cotidiano pode ser um meio de fazer com que o estudante consiga compreender os fenômenos que estão ocorrendo, que, no caso, é uma fagocitose.

Vários livros didáticos mencionam a continuidade da meiose feminina que é estimulada pelo processo de fecundação. Porém, no LD2 é dito que o término da meiose é dependente da penetração do espermatozoide no ovócito, quando, na realidade apenas a interação entre as membranas plasmáticas dos dois gametas já é suficiente para induzir o processo através de transdução de sinal (MOORE et al., 2016). No LD5, o texto dá a entender que a meiose só é concluída ao final da fecundação quando diz " (...) a ocorrência da fecundação induz o ovócito secundário a concluir a segunda divisão da meiose", quando, na verdade, a divisão ocorre durante o processo de fecundação (antes da fusão dos pronúcleos) (MOORE et al., 2016). No LD10 consta que "(...) o ovócito prossegue o processo o processo meiótico e completa a segunda metáfase (...) (BIZZO, 2016. p. 200). Na primeira divisão meiótica, que ocorre pouco antes da ovulação, a meiose estaciona novamente justamente na fase de metáfase e, durante a fecundação, a metáfase é realmente finalizada. Porém, do modo como está escrito no LD10 não fica claro que as demais etapas (anáfase e telófase) também são concluídas, finalizando todo processo de meiose, podendo, assim, gerar dúvidas de interpretação.

De acordo com Krasilchik (2004), os conceitos passam a ter significado quando se utiliza palavras ou termos que sejam próximos a linguagem utilizada pelos estudantes, que podem estabelecer analogias e conexões necessárias para que ocorra o aprendizado.

Sobre a entrada do conteúdo interno do espermatozoide no ovócito, existe uma diferença nas abordagens entre os livros didáticos analisados. A maioria dos livros não cita o que ocorre com as mitocôndrias, flagelo e centríolo do espermatozoide, como no caso dos livros didáticos LD2, LD3, LD4, LD5 e LD6. Os livros LD1, LD7 e LD10 trazem uma explicação mais completa para o destino dessas estruturas, onde não se encontram erros conceituais. O livro LD8 descreve que o espermatozoide contribui com apenas o núcleo e os centríolos, as mitocôndrias não penetram no óvulo. No livro LD9 pode-se encontrar uma explicação parecida, dizendo que: “no processo de fecundação, ocorre somente a penetração do núcleo masculino no interior do ovócito, não ocorre a entrada do flagelo nem das mitocôndrias dos espermatozoides” (SILVA JUNIOR et al., 2017, p.217). Pode-se dizer que as explicações apresentadas podem ser consideradas como um erro conceitual, pois segundo Gilbert e Barresi (2019), em mamíferos, o espermatozoide traz para o ovócito as mitocôndrias, centríolo e uma

quantidade do citoplasma, sendo que as mitocôndrias são posteriormente destruídas. Porém, algumas mitocôndrias paternas (que são muito menos numerosas que as maternas) podem persistir e fazer parte do conteúdo do zigoto (GILBERT; BARRESI, 2019).

No LD8, é mencionado que "(...) o espermatozoide penetra apenas em óvulos (ou ovócitos II) das fêmeas de sua espécie" (LINHARES et al., 2017. p. 161-162), sendo que é possível haver fecundação entre gametas de espécies diferentes, formando organismos híbridos, ainda que haja mecanismos para evitar que isso ocorra. Neste mesmo livro didático, é dito que "Em alguns animais, pode entrar mais de um espermatozoide, mas apenas um sobrevive (...)" (LINHARES et al., 2017. p. 161-162). Essa informação, entretanto, não é correta, sendo que, se ocorrer a entrada de mais de um espermatozoide em um ovócito, o desenvolvimento pode até iniciar, mas necessariamente acaba sendo interrompido bastante precocemente (GILBERT, 2009). Ainda nesse tema, no LD 9 é dito que "(...) para que ocorra a fecundação, os espermatozoides devem atravessar os envoltórios do ovócito" (SILVA JUNIOR et al., 2017. p. 217). O uso do plural para designar os gametas masculinos e singular para os gametas femininos pode induzir ao erro.

Um ponto que é apresentado em alguns dos livros didáticos analisados é o uso dos termos óvulo e ovócito. O livro didático LD1 faz uso apenas do termo óvulo, não apresentando diferenciação da nomenclatura do gameta feminino, antes e após a fecundação. Para os livros LD2, LD5, LD7, LD8, LD9, LD10, o gameta feminino é chamado de óvulo após a fecundação, dando como resultado da fecundação, a formação do óvulo e utilizam ovócito para antes. Nos livros didáticos LD3, LD4 e LD6, o termo usado foi de ovócito. Na literatura de referência, não se encontra nas referências.

De acordo com a literatura, o gameta não fecundado é denominado ovócito (sendo ovócito secundário na maioria das espécies e ovócito primário em algumas). Em poucos grupos de animais, como nos equinodermos, a meiose feminina já está concluída antes da fecundação, sendo adequado o termo óvulo (GARCIA; GARCIA-FERNÁNDEZ, 2012). Durante a fecundação, ocorre o término da meiose feminina na maioria dos organismos e verifica-se a formação do pronúcleo feminino, não sendo necessário alterar a nomenclatura do gameta feminino, sendo que está ocorrendo a formação do zigoto nesse processo (GARCIA; GARCIA-FERNÁNDEZ (2012); MOORE et al. (2016).

No LD9 e no LD10, o conceito de fecundação é apresentado com um nível maior de detalhes, como a presença da zona pelúcida, células da corona radiata, reação acrossômica e bloqueio da polispermia, apresentando as reações e etapas que ocorrem. Trata-se de um tipo de distanciamento vertical, uma forma de transposição do conhecimento científico que visa

facilitar a compreensão do tema a ser estudado (FRANZOLIN; BIZZO, 2009).

Também no LD10 é explicado que "(...) células que envolvem o ovócito produzem ativamente hormônios sexuais, as células da granulosa" (LD10: BIZZO, 2016. p. 200). Essa informação pode gerar confusão, uma vez que as células da granulosa juntamente com as células da teca que envolvem os folículos ovarianos nos ovários realmente são as responsáveis pela secreção dos hormônios sexuais. Contudo, após a ovulação, as células derivadas das células da granulosa, que permanecem envolvendo o ovócito liberado não tem papel ativo na produção hormonal (MOORE et al., 2016).

Os livros didáticos LD1, LD3, LD6, LD8 e LD9 descrevem a formação de uma membrana de fecundação, após a fusão do gameta masculino com o feminino, que possui função de impedir a entrada de outros espermatozoides no ovócito. Em Moore e colaboradores (2016), não se encontra explicação para esse tipo de estrutura formada. O que ocorre para impedir a polispermia, são as alterações que ocorrem na zona pelúcida contudo, não se usa essa nomenclatura em mamíferos. De acordo com Garcia e Garcia-Fernández (2012), a membrana de fertilização, termo utilizado pelos autores, é formada em anfíbios, peixes, ouriço do mar e anfioxo, dentre outros organismos cujo desenvolvimento embrionário ocorre em ambiente aquático, havendo acúmulo de água no espaço entre a membrana vitelínica (equivalente à zona pelúcida) e a membrana plasmática, ou seja, no espaço perivitelínico. Essas explicações, encontradas nos livros didáticos citados, não são consideradas erros conceituais, mas sim falsas generalizações que pode levar a compreensão errada dos conceitos abordados. Se os livros trouxessem apenas a informação de que a zona pelúcida é modificada, impedindo a entrada de outros espermatozoides seria suficiente para incluir o conceito de bloqueio de polispermia sem incorrer em informações errôneas.

5.4.2 Clivagem

Em alguns livros didáticos, como LD1, LD2, LD3, LD4, LD5 e LD8, a clivagem é tratada como segmentação. Analisando as referências Garcia e Garcia-Fernández (2012) e Moore et al., (2016) não se encontra, no capítulo destinado a clivagem, menção a segmentação como sinônimo de clivagem. Esse tipo de citação surge como uma forma de distanciamento do tipo horizontal, no qual se busca uma forma de tornar o conceito mais compreensível para os estudantes, buscando facilitar a compreensão do conceito (FRANZOLIN; BIZZO, 2009). Um exemplo dessa situação presente nos materiais didáticos pode ser observado em passagem no LD4:

Como a distribuição do vitelo varia nos diferentes tipos de ovos, a divisão também varia, permitindo considerar dois tipos básicos de segmentação:

- holoblástica- ocorre em todo o ovo;
- meroblástica- ocorre em parte do ovo, somente na região que não possui vitelo, chamada cicatrícula. É nesta região que está o núcleo do zigoto (MENDONÇA, V., 2016, p. 240).

No LD1 é mencionado que “Na etapa da segmentação, como o próprio nome sugere, o zigoto divide-se rápida e seguidamente por mitose, originando um aglomerado maciço de células conhecida como blastômeros”. (AMABIS; MARTHO, 2016, p. 183-185). Do modo como o texto está escrito pode haver uma dupla interpretação, levando a se pensar que “blastômero” é o nome do aglomerado maciço de células”, mas na verdade se refere a cada uma das células que o compõem. O nome do “aglomerado de células” é mórula que menciona em seguida.

Os livros didáticos analisados apresentam as etapas da clivagem e muitos mencionam a influência que a quantidade de vitelo no ovo exerce nos padrões da clivagem. A quantidade de vitelo presente no ovo é um dos determinantes para a formação do sulco de clivagem e a velocidade do processo. Tal explicação pode ser encontrada nos livros didáticos LD1, LD2, LD3, LD4, LD5, LD6, LD7 e LD8, apenas os livros LD9 e LD10 não apresentam explicações para a influência da quantidade de vitelo na clivagem. De acordo com Garcia e Garcia-Fernández (2012), ovos com pequena ou média quantidade de vitelo sofrem clivagem holoblástica ou total, enquanto ovos com grande quantidade de vitelo sofrem a clivagem do tipo meroblástica ou parcial.

A esse respeito, de acordo com o exposto no LD3 “como o vitelo é muito mais denso, não se divide”. (BEZERRA et al., 2016, p.196). na verdade, o vitelo é formado por grânulos e, por exemplo em ovos mesolécitos (heterolécitos) ele se divide pelas células-filhas. Entretanto, quando há grande quantidade, ele ocupa boa parte do citoplasma, não havendo espaço para o citoesqueleto organizar os microfilamentos de actina e microtúbulos necessários para a mitose. Por outro lado, no LD5 é informado que “(...) células resultantes dividem entre si o vitelo da célula-mãe.” (FAVARETTO, 2016, P. 202). Isso é verdade para ovos com uma quantidade mediana de vitelo. Porém, não pode ser generalizado visto que isso não ocorre em ovos megalécitos (com grande quantidade de vitelo) e alécitos (com quantidades irrisórias de vitelo).

Para Garcia e Garcia-Fernández (2012), o conceito de clivagem refere-se à sequência de divisões que ocorre no zigoto após a fecundação, que segue com a formação de células cada vez menores, sendo chamadas de blastômeros. De acordo com Garcia; Garcia-Fernández

(2012), os blastômeros com tamanho reduzido são uma forma de se reestabelecer o tamanho das células somáticas.

Para Moore e colaboradores (2016):

A clivagem consiste em repetidas divisões mitóticas do zigoto, resultando em rápido aumento do número de células-**blastômeros**. A divisão do zigoto tem início aproximadamente 30 horas após a fecundação. Esses blastômeros tornam-se menores a cada divisão por clivagem. Durante a clivagem, o zigoto ainda se encontra envolto pela zona pelúcida (MOORE et al., 2016, p.23).

Deve-se destacar que, na linguagem acadêmica, o termo segmentação é utilizado para outra etapa do desenvolvimento, mais tardia, quando o corpo sofre metamerização (GARCIA; GARCIA-FERNÁNDEZ, 2012; GILBERT; BARRESI, 2019; MOORE et al., 2016).

O LD6 descreve a formação da mórula pela agregação dos blastômeros, citando o período de 8 células como o início da compactação, porém, de acordo com Cockburn; Rossant (2010), a compactação inicia no estágio de 8 blastômeros em camundongos, porém na espécie humana o período de início da compactação tem início com 16 blastômeros, quando essas células começam a expressar E-caderina, uma proteína de adesão celular.

O processo de clivagem leva a formação de uma estrutura chamada mórula, que, de acordo com MOORE e colaboradores (2016) ocorre devido:

A compactação possibilita maior interação célula a célula e é um pré-requisito para a segregação das células internas que formam a massa celular interna. Quando já existem 12 a 32 blastômeros, o conceito é chamado de **mórula** (MOORE et al., 2016, p.23).

No LD6 consta que “A distribuição diferencial de vitelo cria uma polarização do zigoto, pois o polo onde há menor quantidade de vitelo (polo animal) se divide mais rapidamente, enquanto o oposto (polo vegetal) se divide mais lentamente(...) (THOMPSON; RIOS, 2016, p. 67)”. Estas informações, contudo, não podem ser generalizadas sendo verdade para ovos mesolécitos (heterolécitos) mas não para os demais tipos de ovos (GARCIA; GARCIA-FERNÁNDEZ, 2012).

Em decorrência da clivagem, os blastômeros aderidos uns aos outros levam a formação de uma massa celular chamada mórula. Após o estágio de mórula, segue o desenvolvimento da blástula, como apresentam Garcia e Garcia-Fernández (2012); Moore e colaboradores (2016).

Erros conceituais foram observados nos livros didáticos LD5, LD6, LD7 e LD10. Os livros LD5 e LD7 classificam a clivagem e a mórula como estando no período embrionário, sendo que são etapas do período pré-embrionário em mamíferos, embora possa ser considerado embrionário em alguns grupos de animais. Segundo o exposto no livro LD7, a clivagem ocorre de maneira tão rápida que as células não têm tempo para crescer, já para o livro LD10, os blastômeros não aumentam de tamanho devido a rigidez da zona pelúcida. As explicações estão

equivocadas pois, de acordo com Alberts et al. (2017), a diferença relacionada com o tamanho ou diâmetro dos blastômeros se dá devido a diminuição da expressão de ciclinas, proteínas que regulam o ciclo celular.

As análises dos livros didáticos mostram que todos os materiais trazem as informações da formação da mórula até o desenvolvimento da blástula. Há uma utilização intensa de distanciamento horizontal para as apresentações dos conceitos, incidindo por diversas vezes em erros conceituais, que podem ser graves em se tratando de materiais destinados a estudantes do ensino médio.

5.4.3 Gastrulação

As análises demonstram que em sua grande maioria os livros didáticos analisados trazem explicação para a gastrulação, com distanciamento vertical necessário para trazer as adaptações do conhecimento científico e facilitar o aprendizado (FRANZOLIN, 2007).

Dentre as características que puderam ser levantadas, um ponto que toma uma relevância é o fato de os exemplos que ilustram a gastrulação se baseiam no desenvolvimento embrionário do anfioxo que, por exemplo, é bastante diferente da gastrulação humana e nos demais vertebrados, havendo poucos exemplos de outras espécies ou grupo de animais.

Em muitas explicações, a forma de apresentar os conteúdos podem confundir o estudante por informações imprecisas ou superficiais. A maioria dos livros cita que na gastrulação há crescimento celular e do embrião. Realmente os blastômeros entram em um ciclo celular em que há as fases G, permitindo o crescimento celular (GILBERT; BARRESI, 2019). Mas, por não haver muitas mitoses nessa fase, não há um crescimento expressivo do embrião, ao contrário do que se dá a entender. Durante a gastrulação do anfioxo praticamente não tem mitose, somente movimentos celulares, as células se rearranjam. No complemento da explicação apresenta que a gastrulação faz surgir o arquêntero, o que seria correto para o anfioxo, porém para aves, répteis e mamíferos, não ocorre a formação dessa estrutura (GARCIA; GARCIA-FERNÁNDEZ, 2012).

Um tema mais específico e que pode apresentar maior dificuldade para compreensão para os estudantes do ensino médio é o tipo de movimento morfogenético que acontece durante a gastrulação. Segundo Gilbert e Barresi (2019), são 5 os tipos de movimentos, a invaginação, involução, ingressão, delaminação e a epibolia. Em 3 livros didáticos foram encontradas explicações para esses movimentos, sendo que nos livros didáticos LD4 e LD7, foi apresentado apenas o movimento por invaginação, que, dentre os vertebrados, ocorre apenas discretamente

em anfíbios, não tendo invaginação na gastrulação de peixes, répteis, aves e mamíferos. O livro LD9 traz explicações para invaginação e epibolia que são os movimentos que ocorrem na gastrulação do anfíoxo. O único livro analisado que trouxe a descrição de todos os tipos de movimentos foi o LD6, que apresenta as características e imagens de cada um, na forma de quadro.

Nos livros didáticos, a descrição da epibolia, que ocorre no anfíoxo (mas não em mamíferos e demais amniotos), traz uma informação equivocada, pois descreve o processo como sendo o resultado da velocidade das divisões no polo vegetativo e animal. Porém, a epibolia é, na verdade, resultante do achatamento das células devido a mudanças no citoesqueleto. Da mesma forma, o que faz com que ocorra invaginação é uma mudança no citoesqueleto das células que deixam de ser cúbicas ou colunares e se torna piramidais, fazendo com que o tecido se dobre. No anfíoxo, as células do polo animal se deslocam em direção ao polo vegetal também por uma mudança de forma, ficando mais achatadas. O nome desse movimento é epibolia (GARCIA; GARCIA-FERNÁNDEZ, 2012).

Um conceito errado que foi observado em quatro livros analisados (LD2, LD8, LD9, LD10) foi a descrição da gástrula como sendo formada por dois folhetos embrionários, a ectoderme e a endoderme. Animais triblásticos, como todos os vertebrados, o próprio anfíoxo e grande maioria dos animais conhecidos apresentam 3 folhetos embrionários. No caso do livro LD2, após essa explicação, é apresentada uma diferenciação entre animais diblásticos de triblásticos, citando a formação do terceiro folheto, a mesoderme. Porém, por apresentar essa explicação após a descrição da gástrula, gera uma leitura ambígua e pode acarretar, na compreensão errada do conceito. De acordo com Franzolin e Bizzo (2009), os erros conceituais podem ser derivados da tentativa de estabelecer o distanciamento e promover as adaptações do tema abordado.

O conceito de gastrulação em Embriologia geral pode ser analisado de acordo com Garcia e Garcia-Fernández (2012) no qual: “O processo de gastrulação caracteriza-se por uma série de movimentos e rearranjos das células embrionárias” (GARCIA; GARCIA-FERNÁNDEZ, 2012, p. 204).

Ainda seguindo essa perspectiva, Garcia e Garcia-Fernández (2012) complementam o conceito, salientando que, a partir de uma camada de células o blastoderma origina três camadas, o endoderma, o ectoderma e o mesoderma. A gastrulação, então, envolve um conjunto de modificações na blastoderma. De acordo com Gilbert e Barresi (2019), a gastrulação é o momento em que o plano corporal do organismo se estabelece.

Não é apresentado em nenhum dos livros didáticos analisados a formação do disco embrionário trilaminar, característico da gastrulação humana e dos demais animais amniotos, como é apresentado por Moore et al. (2016):

A gastrulação é o processo em que o disco embrionário bilaminar é convertido em um disco embrionário trilaminar. Cada uma das três camadas germinativas (ectoderma, endoderma e mesoderma) do disco embrionário dá origem a tecidos e órgãos específicos (MOORE et al., 2016, p.35).

Segundo Moore et al. (2016), o processo de gastrulação marca o início da morfogênese, em que ocorre o desenvolvimento do corpo e a estrutura de diversos órgãos corporais.

5.4.4 Neurulação

Os livros didáticos analisados descrevem a neurulação como o processo que leva à formação do tubo nervoso e da notocorda. O conceito de notocorda é importante pois marca uma característica básica dos cordados que, de acordo com (GARCIA; GARCIA-FERNÁNDEZ, 2012, p. 423), "Nos cordados inferiores (anfioxo, por exemplo), a notocorda é o eixo de sustentação do animal adulto; no embrião humano, serve de base para a formação da coluna vertebral ao seu redor e ficará envolvidas pelos corpos vertebrais".

As etapas do desenvolvimento embrionário até a formação da notocorda e seu destino são descritos por Moore et al. (2016):

Algumas células mesenquimais migram pela região cranial, do nó e da fosseta primitivos, formando um cordão celular na região mediana, o processo notocordal. Esse processo logo adquire um lúmen, o canal notocordal. O processo notocordal cresce cranialmente entre o ectoderma e o endoderma, até atingir a placa pré-cordal, uma área pequena e circular de células, que é um organizador importante da região cefálica. O processo notocordal em forma de bastonete não pode se estender muito, uma vez que a placa pré-cordal está firmemente aderida ao ectoderma subjacente. As camadas fusionadas do ectoderma e do endoderma formam a membrana orofaríngea, situada na futura região da cavidade oral (boca) (MOORE et al., 2016, p.36).

Nesse trecho, pode-se notar as estruturas e os processos que levam a formação da notocorda. Para que esses temas sejam acessíveis, a compreensão de estudantes de ensino médio, é necessária uma adaptação dos conteúdos. Essa adaptação, chamada por Chevallard (1991) de transposição didática e por Franzolin (2007) de distanciamento, pode ser observada pela análise de materiais didáticos, como no caso específico, dos livros didáticos.

No LD4, pode se perceber que o tema apresentado apresenta um distanciamento vertical necessário para a adaptação do conhecimento aos estudantes. Em relação à notocorda, o LD4 apresenta que "(...) notocorda, um bastão flexível, de posição dorsal(...)" (LD4: (MENDONÇA, 2016, pg. 244), porém a apresentação se baseia apenas no desenvolvimento do anfioxo como

exemplo de cordado. Vale ressaltar que os PCN trazem como orientação para o ensino de embriologia o enfoque mais voltado a espécie humana (BRASIL,2002).

A análise do LD5 mostra um distanciamento maior, apresentando poucas informações, mais próximos a literatura de referência:

Na região dorsal do embrião, induzido pelo mesoderma subjacente, o ectoderma forma o tubo neural, que dá origem, nos vertebrados, ao encéfalo e à medula espinal, componentes da parte central do sistema nervoso. Nessa etapa do desenvolvimento o embrião passa a se chamar nêurula. O dorso do arquêntero origina a notocorda, que é o eixo de sustentação do embrião (LD5: FAVARETTO, 2016, p.203).

O texto apresentado no LD5 pode confundir o estudante, uma vez que, como os demais livros didáticos analisados, não deixa claro que a notocorda induz a neurulação, e ainda traz a explicação de que a notocorda se forma a partir do dorso do arquêntero, sem orientar que esse processo é típico do anfioxo mas diferente em aves e mamíferos. Essa forma de distanciamento, do tipo horizontal, com o intuito de simplificar o conteúdo (6 linhas), pode levar a concepções equivocadas dos conteúdos e, se não for bem explicado e diferenciado, pode ser tratado como um erro conceitual.

O LD6 segue um distanciamento menor entre o livro didático e os livros de referência, trazendo informações consistentes sobre as estruturas e o destino das mesmas, como o caso da notocorda:

Nos cordados, uma parte do mesoderma dorsal forma um bastão rígido chamado notocorda. Essa estrutura é importante na sustentação e na indução da diferenciação do sistema nervoso. É uma estrutura transitória na maioria dos cordados, sendo substituída pela coluna vertebral (LD6: (THOMPSON; RIOS, 2016, p.71).

Pode se verificar que o LD6 apresenta distanciamento vertical, no qual o conceito de notocorda é apresentado sem a necessidade de modificação mais drástica, notando se que não houve uso de linguagem popular ou uma transposição para algum tipo de conhecimento cotidiano (FRANZOLIN, 2007). Quando o livro didático apresenta que a notocorda é substituída pela coluna vertebral, pode, também, levar a concepções erradas para o conteúdo. De acordo com Gilbert e Barresi (2019), a notocorda e o tubo neural induzem mudanças em regiões vizinhas a formarem estruturas anexas ao sistema nervoso.

Por outro lado, em alguns materiais ocorre um distanciamento horizontal, que traz o conceito mais próximo da compreensão popular, em que pode se notar erro conceitual ao considerar que a notocorda origina a coluna vertebral. Conforme salienta Franzolin (2007), o distanciamento horizontal pode ser decorrente da linguagem utilizada para que ocorra a flexibilização do rigorismo relacionado com a linguagem própria da ciência. Esse tipo de distanciamento não se refere apenas a erros conceituais, porém, os mesmos podem estar

presentes. Como observado, essas formas de distanciamento podem levar a compreensão e interpretação em decorrência a falhas na descrição dos conceitos.

Um exemplo típico desse distanciamento pode ser verificado nos livros didáticos LD2, LD6 e LD8, os quais apresentam que a notocorda origina ou substitui a coluna vertebral, sendo as vértebras são formadas pelos somitos.

O LD3 apresenta que na nêurula, as células de cada folheto embrionário já estão diferenciadas. Tal informação, um tipo de distanciamento horizontal, leva a uma visão equivocada, pois a célula é considerada diferenciada quando chega ao seu estágio final. A explicação presente no livro poderia ser abordada de forma diferente, trocando a palavra diferenciada e assim trazendo uma informação mais consistente.

A análise dos livros de referência, não trazem a informação presente nesse fragmento retirado do LD2. De acordo com Garcia e Garcia-Fernández (2012, p.423), “(...) A notocorda não originará essas estruturas, mas será um agente indutor fundamental para que elas se formem(...)”. para Moore e colaboradores (2016, p. 36), “A coluna vertebral se forma em torno da notocorda, que se estende da membrana orofaríngea até o nó primitivo. A notocorda se degenera e desaparece como parte do corpo das vértebras, mas parte delas como o núcleo pulposo de cada disco intervertebral”. Esse tipo de situação caracteriza um distanciamento horizontal, no qual se observa um erro conceitual ao afirmar que a notocorda originará a coluna vertebral, sendo que, nas referências citadas não se observa esse tipo de afirmativa.

6. PRODUTO: CAPÍTULO DE LIVRO DE EMBRIOLOGIA

Como produto derivado da pesquisa, foi produzido um capítulo de livro de Embriologia, com os distanciamentos pertinentes, imagens adequadas ao texto e atividades ao final do capítulo, seguindo as orientações apresentadas nos PCN e o proposto pela BNCC (Base Nacional Comum Curricular). O material foi organizado na forma de uma página na internet, no Google Sites, composto por várias janelas, sendo que cada tema está inserido em uma janela específica. Além da página, esse material será disponibilizado em PDF, que possui os mesmos textos e imagens da página (APÊNDICE 1). As ilustrações inseridas no capítulo, forma especialmente produzidas pelas estudantes de Ciências Biológicas da UFPR, voluntárias do Projeto Licenciar “Desenvolvimento de Recursos Didáticos para o Ensino de Embriologia”: Camila Santos de Souza e Melissa Spindola Estevam.

Link para acesso ao material:

<https://sites.google.com/view/produtomestradoembriologia/capa>

CONCLUSÃO

- Os principais temas analisados são abordados pelos livros didáticos, ficando alguns temas suprimidos, como a teratogênese, que é importante do ponto de vista da saúde e foi deixado de lado, constando em apenas um livro dentre os dez analisados.
- A distribuição dos temas nos livros analisados não se adequa ao que orienta os Parâmetros Curriculares Nacionais, uma vez que a maior ênfase em Embriologia Humana não foi encontrada na totalidade dos materiais, a maioria dos livros apresenta ênfase em Embriologia geral, muitas vezes utilizando como exemplo o desenvolvimento do anfíbio, um animal que dificilmente o estudante conhece ou irá conhecer.
- As atividades abertas encontradas nos livros didáticos, são em sua maior parte de memorização, havendo pouca ênfase em atividades investigativas, que tem maior potencial de levar ao aprendizado significativo dos conceitos trabalhados no capítulo ou unidade didática.
- Em relação às imagens e ilustrações presentes nos materiais analisados, pode-se observar que existe semelhança em relação aos exemplos utilizados para facilitar a aprendizagem de conceitos. Porém, as imagens analisadas trazem uma funcionalidade, seja pela presença de etiquetas verbais, seja pela interação entre imagem e texto, sendo de fundamental importância no processo de aprendizagem dos conceitos relacionados a embriologia.
- Os resultados obtidos demonstram que os livros didáticos apresentam problemas em relação a correção das informações apresentadas, sendo encontrada uma quantidade considerável de erros conceituais em todos os livros, fator importante que leva a compreensão equivocada dos conceitos básicos da Embriologia.
- Como produto resultante, foi organizado um capítulo com conteúdo de Embriologia humana, com os devidos distanciamentos, uso de imagens contendo etiquetas verbais e atividades que contemplem uma metodologia mais ativa e que proporcione maior participação e interação do estudante.

REFERÊNCIAS

- ALBERTS, B. et al. **Biologia molecular da célula**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.
- AMABIS, J. M; MARTHO, G. R. **Biologia Moderna**. v.1. 1. ed. São Paulo: Moderna,2016.
- ASTOLFI, J.; DEVELAY, M. **A didática das ciências**. Campinas: Papyrus, 2002.
- BACHELARD, G. **A formação do espírito científico: contribuição para uma psicanálise do conhecimento**. Trad. Estela dos Santos Abreu. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.
- BACICH, L.; MORAN. J. (Org.). **Metodologias ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática**. Porto Alegre: Penso, 2018.
- BASSOLI, F. Atividades práticas e o ensino-aprendizagem de ciência(s): mitos, tendências e distorções. **Ciência e Educação**, Bauru, v. 20, n. 3, p. 579-593, 2014.
- BEZERRA, L. M. et al. **Ser Protagonista-Biologia**. v. 1. 3.ed. São Paulo, SM, 2016.
- BIZZO, N. **Integralis-Biologia: Novas Bases**. v.1. 1.ed. São Paulo: IBEP,2016
- BIZZO, N. M. V. **Metodologia do Ensino de Biologia e Estágio Supervisionado**; São Paulo: Abril Educação, 2012.
- BIZZO, N. M. V. **Ciências Biológicas: orientações curriculares do ensino médio**. Brasília: MEC/SEB, 2004, p. 165-166.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Guia de Livros Didáticos: Biologia**. PNLD/2012 - Secretaria de Educação Básica. Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação. Brasília, 2011.
- BRASIL, Secretaria de 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.

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular: Ensino Médio**. Brasília: MEC/Secretaria de Educação Básica, 2018. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_site.pdf Acesso em: 05/09/2020.

CARVALHO, A. M. P. (Org.). **O ensino de Ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas**. Ensino de Ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula. São Paulo: CENCAGE Learning, 2013.

CHEVALLARD, Y. **La Transposicion Didactica: Del saber sabio al saber enseñado**. 1ª ed. Buenos Aires: La Pensée Sauvage, 1991.

COUTINHO, F. ÂNGELO; SOARES, A. G.; BRAGA, S. A. DE M. Análise do valor didático de imagens presentes em livros de Biologia para o ensino médio. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 10, n. 3, 16 ago. 2011. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4085/2649> . Acesso em 10/02/2020.

COCKBURN, K.; ROSSANT, J. Making the blastocyst: lessons from the mouse. **The Journal of clinical investigation**, 2010. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2846056/pdf/JCI41229.pdf>. Acesso em: 15/08/2020.

FAVARETTO, J. A. **Biologia-Unidade e Diversidade**, v.1. 1 ed. São Paulo: FTD, 2016.

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

FRANZOLIN, F. **Conceitos de biologia na educação básica e na academia**: aproximações e distanciamentos. 2007. Dissertação (Mestrado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/48/48134/tde-31052007-123123/publico/DissertacaoFernandaFranzolin.pdf>. Acesso em 04/02/2019.

FRANZOLIN, F; BIZZO, N. M. V. Conceitos de Biologia em Livros Didáticos de Educação Básica e na Academia: Aproximações e Distânciamentos. In: **IX Encontro de Pesquisa em Educação da Região Sudeste**, São Carlos: Anped, 2009. Disponível em: <http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/vienpec/CR2/p1041.pdf>. Acesso em 04/02/2019.

GARCIA. S. M. L. de; GARCIA FERNÁNDEZ, C. **Embriologia**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2012.

LINHARES, S. et al. **Biologia Hoje**, v.1. 3.ed. São Paulo: Ática, 2016.

GILBERT, S.; BARRESI, M. J. F. **Biologia do desenvolvimento**. 11. ed. Porto Alegre: Artmed, 2019. 916 p.

JOTTA, L. de A. C., **Embriologia Animal: Uma análise dos livros didáticos de Biologia do ensino médio**, dissertação de mestrado, Universidade de Brasília, Brasília, 2005. Disponível em: https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/5011/1/2005_LeiladeAragaoCVJotta.pdf. Acesso em 09/03/2019.

KRASILCHIK, M. **Prática de Ensino de Biologia**. 4.ed. São Paulo: Edusp, 2004.

MARANDINO, M.; SELLES, S. E.; FERREIRA, M. S. **Ensino de Biologia: histórias e práticas em diferentes espaços educativos**. São Paulo: Cortez, 2009.

MOLES, A. **Em busca de uma teoria ecológica da imagem?** In: THIBAUT-LAULAN, A. M. (Ed.). *Imagem e Comunicação*. São Paulo: Edições Melhoramentos, 1976.

MOORE, K. L.; PERSAUD T. V. N.; T., MARK, G. **Embriologia Básica** – 9ª Ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2016.

MEGID NETO, J.; FRACALANZA, H. O livro didático de ciências: problemas e soluções. **Ciênc. educ.**, Bauru, v. 9, n. 2, p. 147-157, 2003. Disponível em http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-73132003000200001&lng=pt&nrm=iso. acesso em 01 nov. 2019.

MELO, S. R. de; FEITOZA, L. A. Teatro e Biologia: uma proposta dinâmica para compreender a nutrição dos neurônios e as relações entre os diferentes sistemas envolvidos. **Arquivos do Mudi**, v. 14, n. 1/2/3, p. 11-18, 8 abr. 2013. Disponível em: <http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ArqMudi/article/view/20417/10863>. Acesso em 13/01/2020.

MENDONÇA, V. L. **Biologia**, v.1. 3. ed. São Paulo: AJS, 2016.

OGO, M; GODOY, L. **Contato Biologia**, v.1, 1. ed. São Paulo: Quinteto,2016.

PARANÁ, Secretaria de Estado da Educação. **Diretrizes Curriculares da Educação Básica – Biologia**. Curitiba: SEED, 2008.

PERALES, F. J.; JIMÉNEZ, J. D. **Las ilustraciones en la enseñanza-aprendizaje de las ciencias. Análisis de libros de texto**. Enseñanza de las Ciencias, Barcelona, v. 20, n. 3, p. 369-386, 2002. Disponível em: <https://ddd.uab.cat/pub/edlc/02124521v20n3/02124521v20n3p369.pdf>. Acesso em: 10/10/2018.

PIETROCOLA, M. Inovação curricular em Física: transposição e sobrevivência dos saberes. Mesa redonda, **XI EPEF**, 2008, Curitiba, PR. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/76277/mod_resource/content/3/Pietrocola_mesaEpef_2008.pdf. Acesso em: 20/02/2020.

LOPES, S; ROSSO, S. **Bio**, V.1, 3.ed. São Paulo: Saraiva, 2016.

SASSERON, L. Alfabetização Científica, Ensino por Investigação e Argumentação: Relações entre Ciências da Natureza e Escola. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v.17, n. especial, p.49-67, Belo Horizonte, 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/epec/v17nspe/1983-2117-epec-17-0s-00049.pdf>. Acesso em 03/11/2020.

SILVA JUNIOR, C. da; SASSON, S.; CALDINI, JUNIOR, N. **Biologia**, v.1,2, 3, 12. ed. São Paulo: Saraiva, 2017.

SILVA, H. C. da. Lendo imagens na educação científica: construção e realidade. **Pro-Posições**, v.17, n. 1 (49), 2006. Disponível em: <https://www.periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/proposic/article/view/8643656/11173>. Acesso em 17/02/2020.

SOUSA, D.B. **Eventos envolvidos no processo da capacitação espermática in vivo**. Monografia da disciplina Seminários II do Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade Estadual Paulista - UNESP, Campus de Botucatu, curso Doutorado. 2003. Disponível em: <http://www.geocities.ws/andbt/semi03/Daniel.pdf>. Acesso em 12 de junho de 2020.

SOUZA, L. de F. de O.; PEREIRA, C. A. S. Análise do conteúdo de Embriologia Humana em livros didáticos de Biologia do Ensino Médio/An analysis of Human Embryology contents in High School Biology textbooks. **Revista Eletrônica Pesquiseduca**, v. 11, n. 24, p. 264, 2020. Disponível em: <http://periodicos.unisantos.br/index.php/pesquiseduca/article/view/252/pdf>. Acesso em 06/07/2020.

THOMPSON, M; RIOS, E. P. **Conexões Com a Biologia**, v.1, 2.ed. São Paulo: Moderna, 2016.

VASCONCELOS, S. D.; SOUTO, E. O livro didático de Ciências no Ensino Fundamental-Proposta de critérios para análise do conteúdo Zoológico. **Ciência & Educação**, v. 9, n. 1, p. 93-104, 2003. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/ciedu/v9n1/08.pdf>. Acesso em: 13/04/2019.

ZÔMPERO, A. F.; LABURÚ, C. E. Atividades investigativas no ensino de ciências: aspectos históricos e diferentes abordagens. **Ensaio: pesquisa em educação em ciências**, Belo Horizonte, v. 13, n. 3, p. 67-80, 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/epec/v13n3/1983-2117-epec-13-03-00067.pdf>. Acesso em: 05/10/2019.

APÊNDICE

APÊNDICE 1: PRODUTO EDUCACIONAL



Bruno de Souza Nogueira

EMBRIOLOGIA HUMANA



INTRODUÇÃO

Esse material surgiu como resultado da pesquisa realizada para produção de dissertação de mestrado e constitui um material de apoio pedagógico para escolas que não tem acesso a livros didáticos e, para as escolas que adotam algum tipo de material didático, como complemento. Para a produção desse material, foram levados em conta aspectos como a transposição didática, mitigando possíveis erros conceituais, adequando as ilustrações para que sirva como um complemento à aprendizagem dos conceitos de Embriologia. O material apresenta um enfoque no desenvolvimento embrionário humano, como predita as Diretrizes Curriculares Nacionais e diversos pesquisadores da área. Ao final, é proposto um conjunto de atividades que apresentam uma abordagem investigativa, seguindo as orientações presentes na Base Nacional Comum Curricular (BNCC).



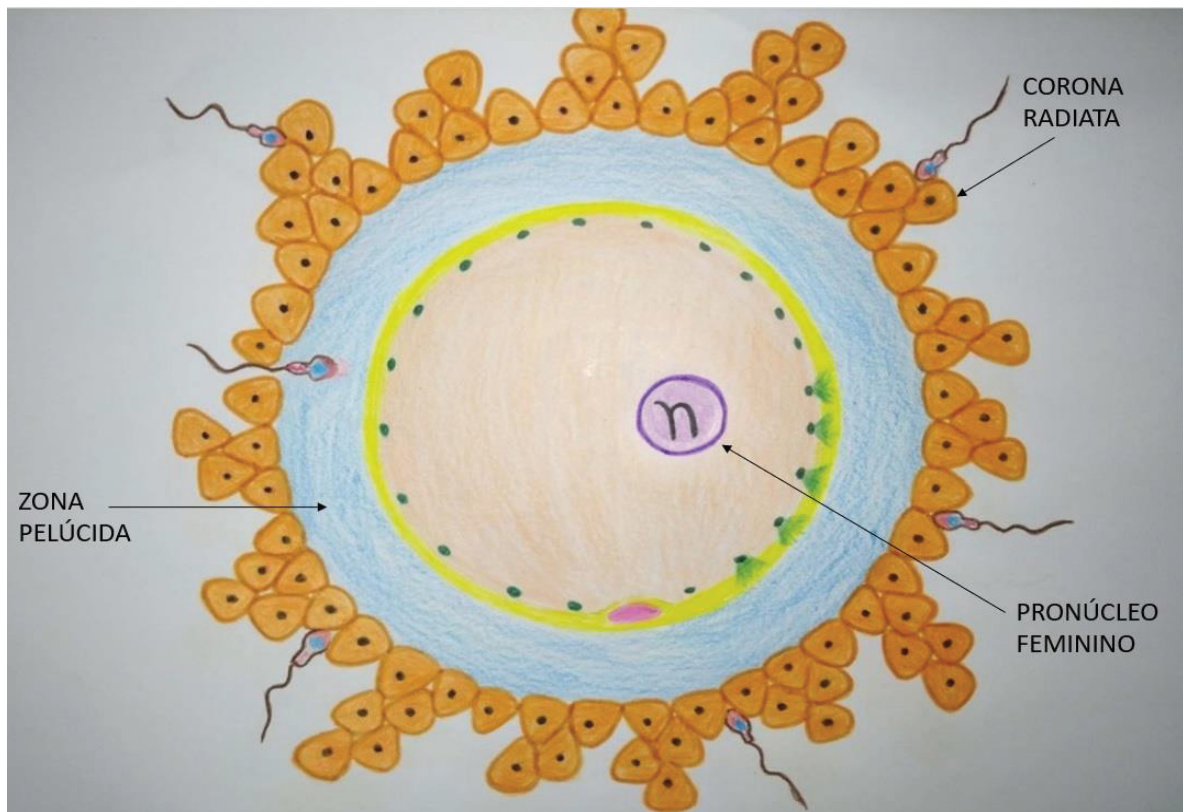
Produto educacional resultado da Dissertação de mestrado do aluno Bruno de Souza Nogueira, no programa de mestrado PROFBIO-Pós Graduação em Ensino de Biologia em Rede Nacional, Setor de Ciências Biológicas, da Universidade Federal do Paraná.

Orientadora Prof. Dra. Flavia
Sant'Anna Rios

Fecundação

A fecundação é definida como o encontro e a fusão de duas células haplóides (n), que são os gametas masculino e feminino, o espermatozoide e o ovócito secundário (Figura 1). O resultado desse processo é a formação de um zigoto, uma célula diploide ($2n$), que contém metade de seus cromossomos provenientes do pai e metade, da mãe.

FIGURA 1: REPRESENTAÇÃO DO GAMETA FEMININO, COM ESPERMATOZOIDES AO REDOR.



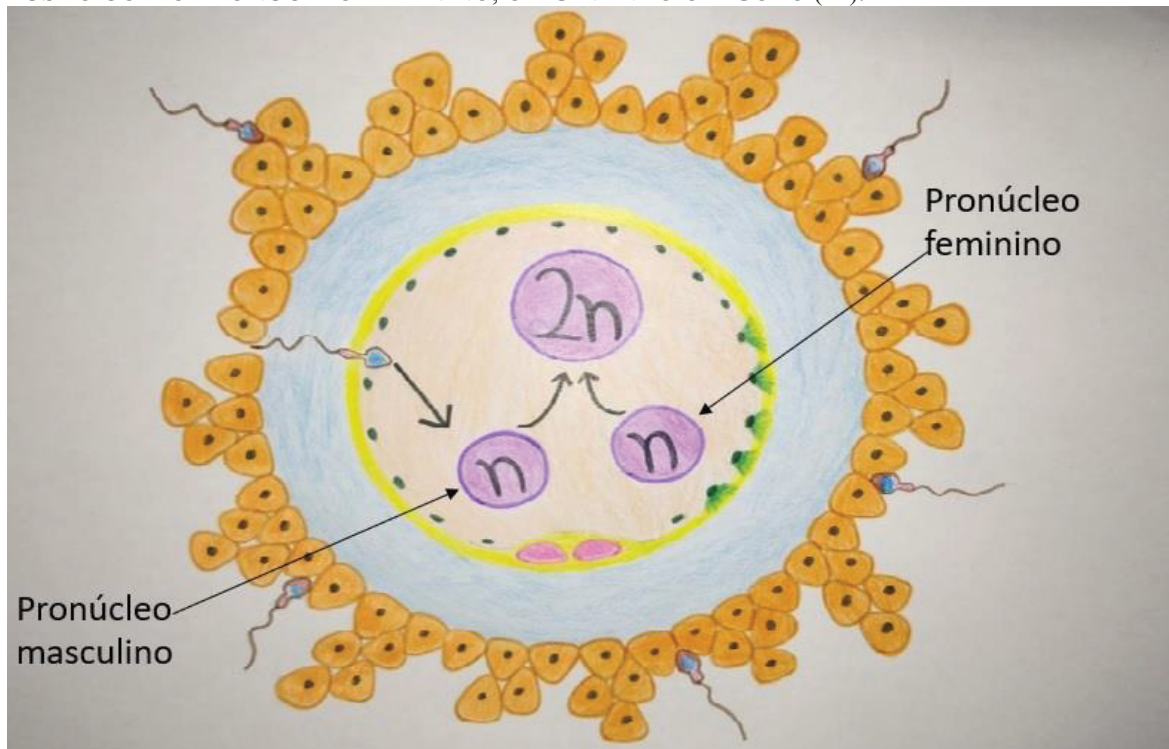
DESCRIÇÃO DA IMAGEM: Pode-se perceber estruturas como a coroa radiata, a zona pelúcida e o pronúcleo feminino. Note a proporção entre os gametas, o ovócito é maior que o espermatozoide.

FONTE: Melissa Spindola Estevam

Após a ejaculação, milhões de espermatozoides são depositados na vagina e no canal cervical (colo do útero). O sistema genital feminino possui papel fundamental na facilitação da fecundação. As contrações da musculatura uterina auxiliam no transporte dos espermatozoides até a região da ampola da tuba uterina, local onde ocorre o encontro entre os gametas. Na Figura 3, o esquema indica como dia 0 o local onde a fecundação geralmente acontece. O espermatozoide deve permanecer cerca de 6 a 8h no organismo feminino para sofrer alterações em nível molecular que permitem que ele reconheça o gameta feminino. Esse é o processo de capacitação.

Após a ovulação, o ovócito secundário, envolto por uma camada de glicoproteínas (zona pelúcida) e algumas camadas de pequenas células (corona radiata), é liberado do ovário e entra na tuba uterina (Figura 2). Antes da fusão das membranas plasmáticas dos gametas masculino e feminino, o espermatozoide deve passar através da corona radiata e da zona pelúcida. O contato do espermatozoide com a zona pelúcida estimula a liberação do conteúdo do acrossoma, que é uma vesícula (semelhante à um lisossoma) contendo enzimas proteolíticas (que digerem proteínas). Essas enzimas, perfuram a zona pelúcida, permitindo que o espermatozoide se aproxime e se funda com a membrana do ovócito. Em resposta, o ovócito libera substâncias que impedem que outros espermatozoides façam o mesmo e isso é chamado de bloqueio da poliespermia.

FIGURA 2: ESQUEMA DEMONSTRANDO A FORMAÇÃO DO PRONÚCLEO MASCULINO E SUA FUSÃO COM O PRONÚCLEO FEMININO, ORIGINANDO O ZIGOTO ($2n$).

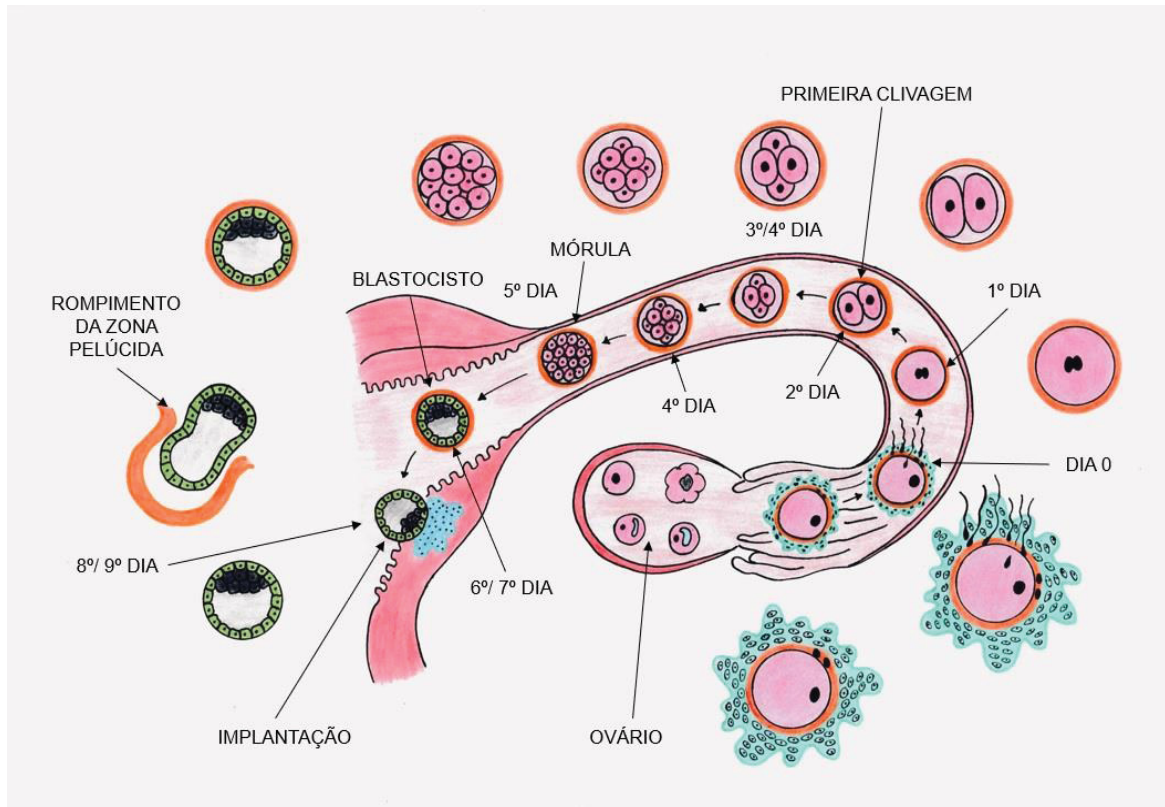


FONTE: Camila Santos de Souza

Após a fusão das membranas plasmáticas dos gametas, todo o conteúdo do espermatozoide entra no ovócito. O espermatozoide tem poucas organelas, dentre elas há mitocôndrias, que costumam ser degradadas, porém, é possível que algumas mitocôndrias paternas persistam e fiquem contidas no zigoto, embora a maioria das organelas sejam provenientes do gameta feminino. O material genético do espermatozoide se descondensa, formando o pronúcleo masculino. Durante a fecundação, a meiose feminina é concluída e o núcleo do ovócito secundário se divide, formando o pronúcleo feminino e o segundo corpúsculo polar. Este é

eliminado, enquanto os 23 cromossomos do pronúcleo masculino (paternos) e feminino se fundem, dando origem ao zigoto com 46 cromossomos (Figura 2). O metabolismo do zigoto é ativado, dando início ao processo da clivagem.

FIGURA 3: ESQUEMA REPRESENTANDO O SISTEMA GENITAL FEMININO.



DESCRIÇÃO DA IMAGEM: Na representação podemos observar desde o momento da ovulação, passando pela fecundação (Dia 0), a primeira clivagem (2º dia), formação da mórula (5º dia), fase do blastocisto (5º dia), concluindo com a implantação do blastocisto (8º/9º dia).

Fonte: Camila Santos de Souza

CLIVAGEM

A clivagem é o processo em que o zigoto sofre divisões sucessivas, sendo que a cada nova divisão o tamanho das células (blastômeros) vai diminuindo devido a particularidades das moléculas que dirigem o ciclo celular nessa fase.

Na clivagem de diferentes grupos de animais, o padrão no qual ocorrem as divisões, é determinado por fatores que incluem a quantidade e a distribuição do vitelo. O vitelo é composto por lipídios e proteínas destinados a nutrir o futuro embrião. Nas aves, a gema do ovo é o ovócito secundário e é o vitelo que dá a cor amarela à gema. A presença do vitelo dificulta a clivagem, pois as moléculas de proteínas e lipídios ocupam espaço dentro do citoplasma da célula. Em animais que possuem grande quantidade desses nutrientes, a região do ovo rica em vitelo (polo vegetal) não sofre divisão ou a mesma é mais lenta, acarretando diferenças no

tamanho dos blastômeros formados. Esse não é o caso dos seres humanos, cujo ovócito secundário possui pouquíssimo vitelo, de forma que o zigoto divide-se completamente, dando origem a blastômeros do mesmo tamanho, mas sucessivamente menores a cada divisão.

Na espécie humana a primeira divisão ocorre aproximadamente 30 horas após a fecundação e as demais divisões acontecem aproximadamente a cada 24h conforme o conceito desloca-se pela tuba uterina em direção ao útero, com auxílio de cílios presente no tecido que reveste a tuba uterina, bem como contrações musculares desses órgãos. Esse processo de divisões e deslocamento ocorre ao longo da primeira semana de.

Por volta do 3o dia, o conceito formado por uma massa de 12 a 16 blastômeros é chamado de mórula e, ainda está envolta pela zona pelúcida (Figura 3). O resultado das clivagens é a formação da blástula. Em humanos, a blástula é um conjunto de 64 a 128 células, que formam uma esfera oca que dará origem tanto ao embrião quanto aos anexos embrionários. A blástula humana recebe o nome de blastocisto e é composta por dois conjuntos de células, o embrioblasto e o trofoblasto. O embrioblasto forma uma massa de no interior do blastocisto, que formará o embrião e três dos quatro anexos embrionários: o saco vitelino, o âmnio e alantoide. O trofoblasto é formado por células periféricas, que envolvem o blastocisto e futuramente formarão o quarto anexo embrionário, o córion, que contribui para a formar a placenta.

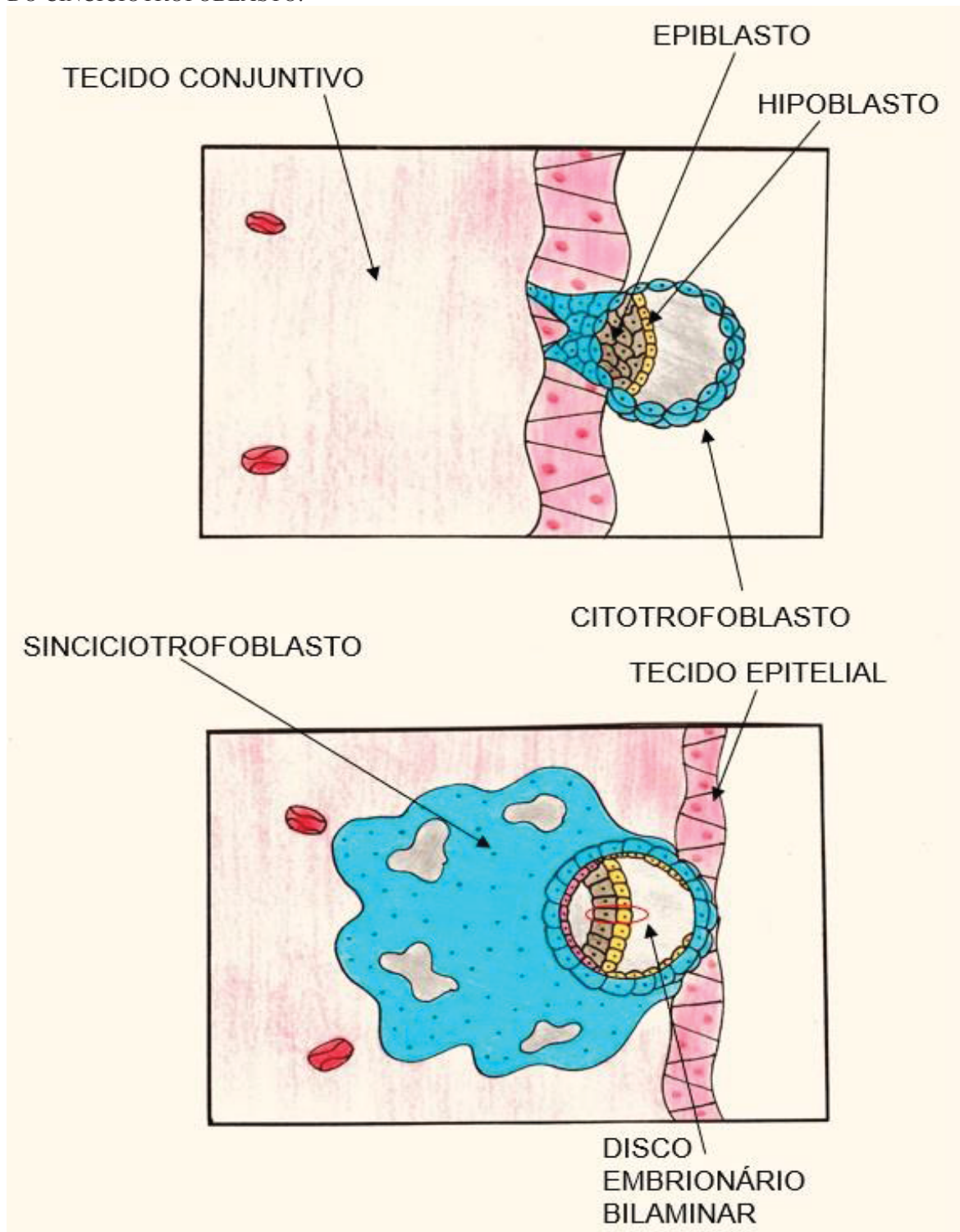
Em humanos, a blástula é chamada de blastocisto, que é composto por dois conjuntos de células, o embrioblasto e o trofoblasto. O embrioblasto forma uma massa de no interior do blastocisto, que irão formar o embrião e três dos quatro anexos embrionários: o saco vitelino, o âmnio e alantoide. O trofoblasto é formado por células periféricas, que envolvem o blastocisto e futuramente formarão o quarto anexo embrionário, o córion, contribuindo para a formar a placenta.

IMPLANTAÇÃO

Por volta 6º dia, o blastocisto chega ao útero e a zona pelúcida se rompe (eclosão da zona pelúcida), permitindo que as células do trofoblasto interajam com o epitélio da mucosa que reveste internamente o útero, chamado de endométrio. A implantação do conceito no endométrio leva vários dias ao longo da segunda semana de desenvolvimento e se completa cerca de 10 a 12 dias após a fecundação, quando o conjunto de células que formará o embrião e os anexos embrionários torna-se completamente inserido no tecido conjuntivo dessa mucosa.

A partir do trofoblasto, forma-se o sinciciotrofoblasto, que é uma estrutura composta por uma massa citoplasmática multinucleada, que não apresenta os limites das células (FIGURA 4). O sinciciotrofoblasto produz enzimas, que degradam parte do tecido conjuntivo do endométrio, possibilitando a implantação do blastocisto dentro da parede do útero. Ele também produz um hormônio, a gonadotrofina coriônica humana (hcg), que mantém o corpo lúteo funcional no ovário e produzindo progesterona, evitando, assim, que ocorra uma menstruação. O hcg pode ser detectado no sangue e na urina da gestante, sendo a base para os testes de gravidez, pois sua presença no corpo da mãe indica que há um concepto implantado no útero (figura 5).

FIGURA 4: ESQUEMA REPRESENTANDO A IMPLANTAÇÃO DO BLASTOCISTO, COM A FORMAÇÃO DO CINCICIOTROFOBlasto.

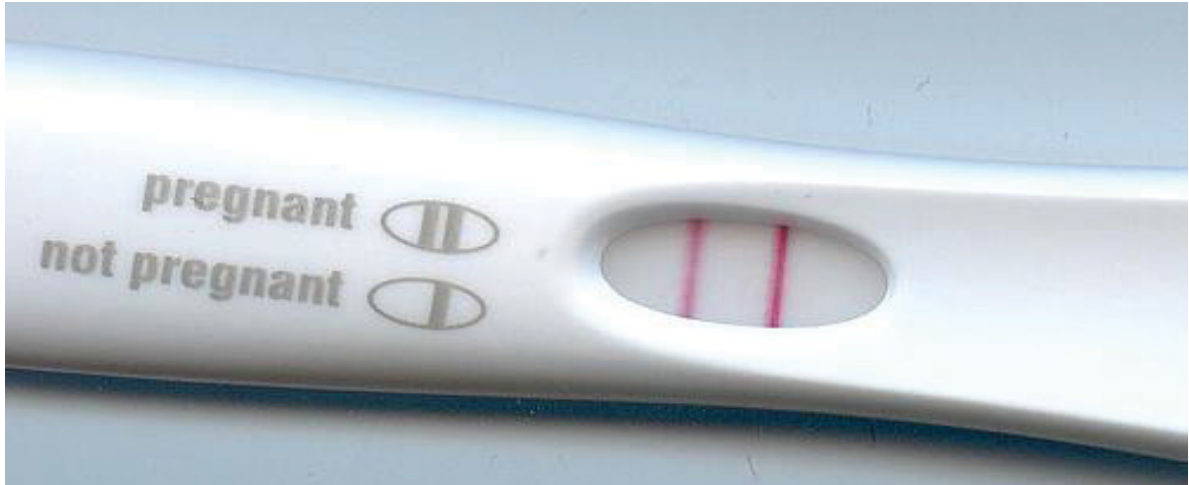


FONTE: Camila Santos de Souza

Com o progresso da implantação do blastocisto, o embrioblasto se divide em duas camadas de células, o epiblasto e o hipoblasto, que juntos forma o disco embrionário bilaminar. Depois, forma-se uma cavidade no epiblasto, que é o primórdio da cavidade amniótica, dentro da qual o embrião se desenvolverá imerso no líquido amniótico. O embrião irá se originar do

epiblasto a partir do processo de gastrulação, que ocorrerá na sequência. E, a partir do hipoblasto, formam-se o saco vitelínico e o alantoide.

FIGURA 5: FOTO DE UM TESTE DE GRAVIDEZ COM RESULTADO POSITIVO.

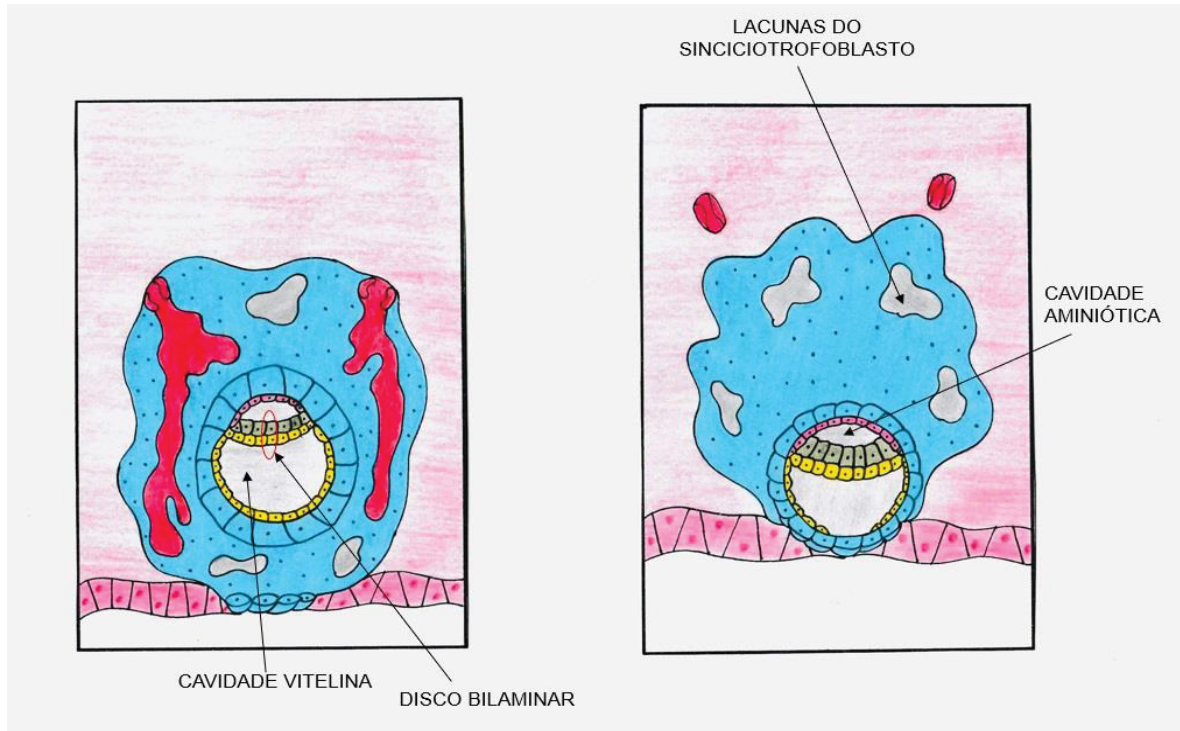


FONTE: Klaus Hoffmeier, Domínio público, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=1815031>

GASTRULAÇÃO

Durante a terceira semana de desenvolvimento, as células do epiblasto movimenta-se e rearranjam-se, dando origem aos três folhetos germinativos (ou folhetos embrionários): **ectoderma, endoderma e mesoderma** (figura 7). Em humanos, essa movimentação de células ocorre da seguinte forma: abre-se uma fenda na superfície do epiblasto e as células proliferam e ingressam por essa fenda, substituindo as células do hipoblasto e depois ocupando o espaço entre o epiblasto e o hipoblasto. No final, tem-se os folhetos germinativos sobrepostos, formando um disco achatado com 3 camadas. Onde tínhamos o epiblasto, agora temos a ectoderma, a endoderma ocupa o espaço onde antes havia hipoblasto e as células que ficam entre essas duas camadas formam a mesoderma (figura 7). Mais tarde, na quarta semana, esse disco embrionário trilaminar sofrerá uma série de dobramentos, convertendo esse disco achatado em um embrião aproximadamente cilíndrico. Com isso, a endoderma, que era plana, passa a formar um tubo no meio do corpo do embrião, que formará o intestino primitivo. A ectoderma passa a revestir todo o corpo do embrião, enquanto a mesoderma localiza-se entre os outros dois folhetos. Ao longo do desenvolvimento, que levará, ao todo, cerca de 38 semanas, esses folhetos formarão diferentes tecido e órgãos. Como exemplo, a ectoderma, que é mais externa, formará a epiderme, que faz parte da pele. A endoderma, que é mais interna, dará origem ao tecido epitelial que reveste internamente o intestino. Enquanto que a mesoderma, que está no meio, formará músculos, ossos, cartilagens e sangue.

FIGURA 6: ILUSTRAÇÃO IDENTIFICANDO O DISCO EMBRIONÁRIO BILAMINAR, A CAVIDADE VITELINA E O SINCICIOTROFOBLASTO.

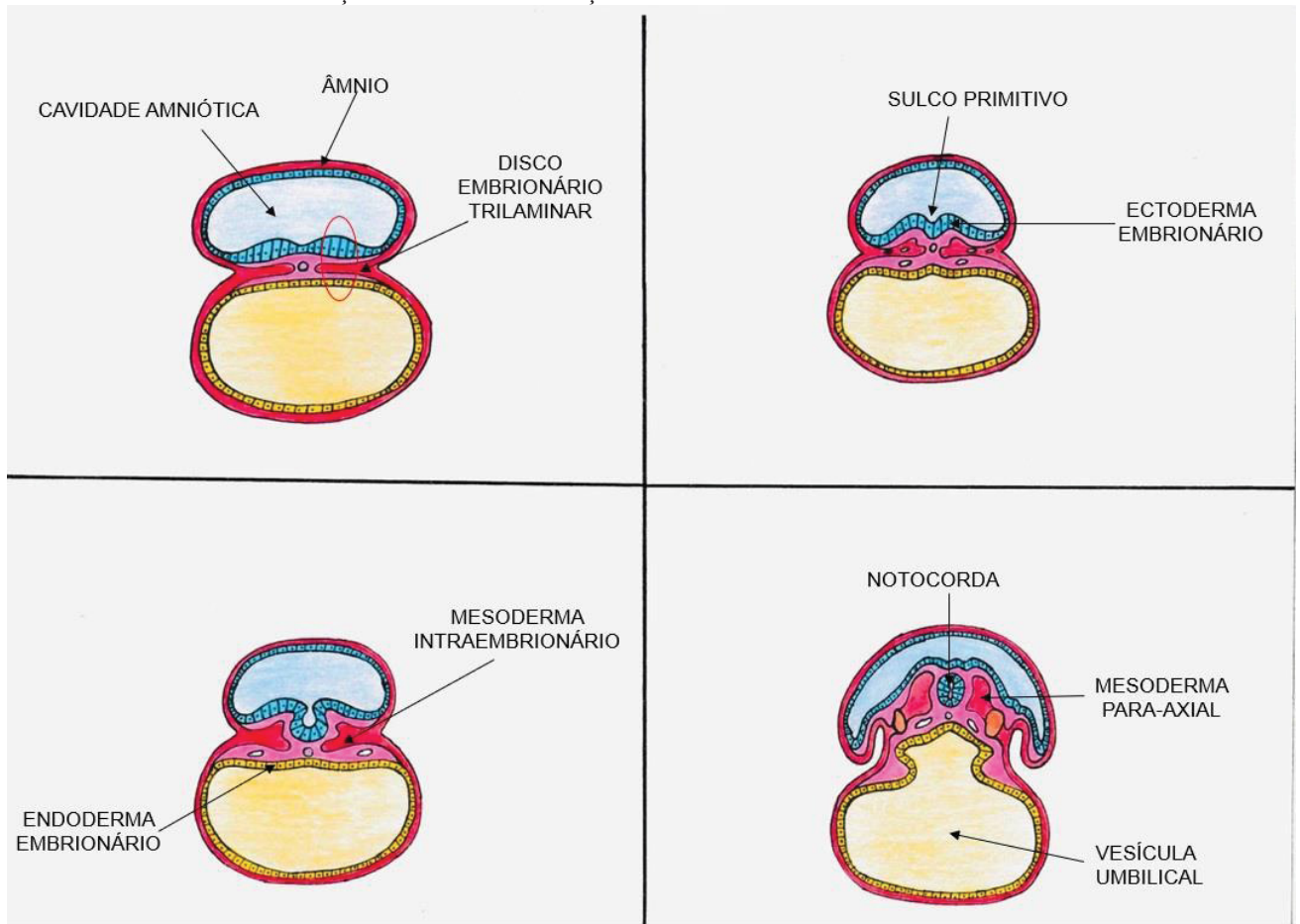


FONTE: Camila Santos de Souza

Além disso, a gastrulação é um momento marcante para o desenvolvimento do organismo, onde se estabelecem os eixos corporais: esquerda/direita, dorsal/ventral e cranial/caudal.

Na gastrulação, se forma, ainda, a notocorda, uma importante estrutura, que participará do processo de neurulação. É uma estrutura alongada, em forma de corda, que se dispõe no eixo central do corpo do embrião, desde a região caudal até a futura região do pescoço.

FIGURA 7: ILUSTRAÇÃO DA GASTRULAÇÃO.



DESCRIÇÃO DA IMAGEM: Ocorre nesta etapa, a formação do disco embrionário trilaminar, composto pelos folhetos germinativos: endoderma, mesoderma e ectoderma.

FONTE: Camila Santos de Souza

Neurulação

A neurulação é o processo de formação do sistema nervoso, que começa no final da terceira semana e prossegue pela quarta semana de desenvolvimento. Nesse processo, uma parte da ectoderma, que é aquele folheto mais externo, se interioriza para dentro do corpo do embrião e forma um tubo (tubo neural), que dará origem ao encéfalo e à medula espinhal (sistema nervoso central).

Como essa parte da ectoderma se interioriza? Primeiramente, a notocorda e a mesoderma da região da cabeça produzem substâncias, que, ao atingirem a ectoderma vizinha, altera essa região, originando a placa neural. Depois, essa placa se dobra para dentro e forma um tubo, que é recoberto pelo restante da ectoderma. Então, podemos dizer que parte da mesoderma (que inclui a notocorda) induz parte da ectoderma a formar o tubo neural.

FORMAÇÃO DA COLUNA VERTEBRAL

Na quarta semana, a mesoderma disposta nas laterais da notocorda (mesoderma paraxial) se condensa e forma blocos, que são chamados de somitos. Formam-se cerca de 44 pares de somitos, que se situam aos pares, um em cada lado do tubo nervoso. Essas estruturas são responsáveis pela formação de parte do esqueleto axial (vértebras, costelas e parte inferior do crânio) e a musculatura, não apenas associada a ele, mas toda nossa musculatura esquelética, embora os demais ossos tenham origem em outras partes da mesoderme. Entre uma vértebra e outra, formam-se discos de cartilagem (os discos intervertebrais), que servem como amortecedores durante a movimentação da coluna. No centro de cada disco, há um tecido gelatinoso, chamado de núcleo pulposo. O núcleo pulposo dos discos intervertebrais são os únicos resquícios que temos da notocorda. Nenhuma outra estrutura é formada por essa estrutura, que teve importante papel sinalizador e organizador durante a formação do organismo.

ANEXOS EMBRIONÁRIOS NO SER HUMANO

1. ÂMNIO: é uma estrutura que tem a forma de uma bolsa (bolsa amniótica), que se forma a partir do final da 1ª semana do desenvolvimento embrionário, localizada acima do disco embrionário (figura 8) e continua se expandindo à medida que o embrião e o feto crescem. Por embrião entende-se o produto da fecundação (concepto) até a oitava semana de gestação, o período embrionário é o momento em que todas as estruturas dos sistemas serão formadas, sendo o período mais crítico para a ação de agentes teratogênicos. No feto, os órgãos que já estão formados irão crescer. O período fetal compreende da nona semana ao nascimento.

O âmnio contém o líquido amniótico, que possui diversas funções, como a de lubrificação do embrião, proteção contra choques mecânicos e estabilização da temperatura. Permite que o ser humano desenvolva-se em um ambiente aquático, como os demais vertebrados.

2. SACO VITELINO: não possui função significativa para a nutrição do embrião, diferente de aves e répteis, pois não armazena vitelo.

Em humanos, exerce a função de produção de células do sangue (3ª semana), participa da formação do intestino (4ª semana) e dá origem às células germinativas primordiais (aquelas que

formarão os gametas) (5ª semana). Depois, gradualmente atrofia, até não ser mais detectado após a 20ª semana.

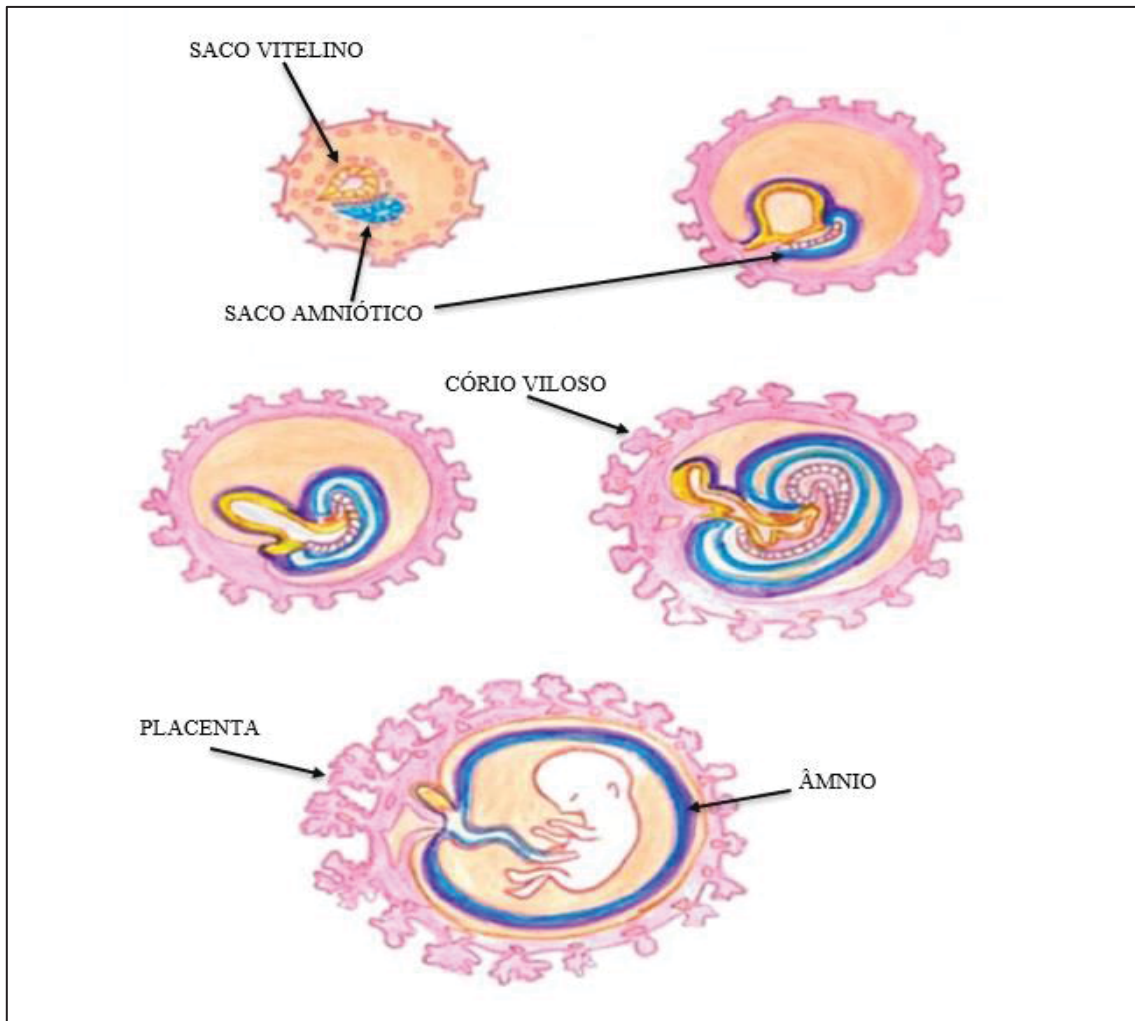
3. ALANTOIDE: nos mamíferos, não tem função de armazenar excretas, como em aves e répteis. É pouco desenvolvido, porém, tem a importante função de formar os vasos sanguíneos que compõem o cordão umbilical e vascularizam o córion.

4. CÓRION: Envolve todos os demais anexos e o embrião. Uma parte do córion (córion viloso) é vascularizado pelos vasos do alantóide e participa da formação da placenta

PLACENTA: é uma estrutura em forma de disco formada por tecidos maternos (endométrio) e fetais (córion), ligada ao corpo do embrião pelo cordão umbilical, tendo diversas funções, incluindo (figura 4): Transporte de gases respiratórios: oxigênio (O_2) da mãe para o feto e gás carbônico (CO_2) do feto para a mãe, além da excreção de resíduos produzidos pelo feto e transporte de nutrientes.

Através da placenta a mãe também transfere anticorpos ao feto, bem como algumas substâncias tóxicas, como álcool e nicotina, além de certos vírus e outros organismos que podem causar danos e malformações no bebê.

FIGURA 8: ILUSTRAÇÃO MOSTRANDO O DESENVOLVIMENTO DOS ANEXOS EMBRIONÁRIOS ENCONTRADOS EM HUMANOS.

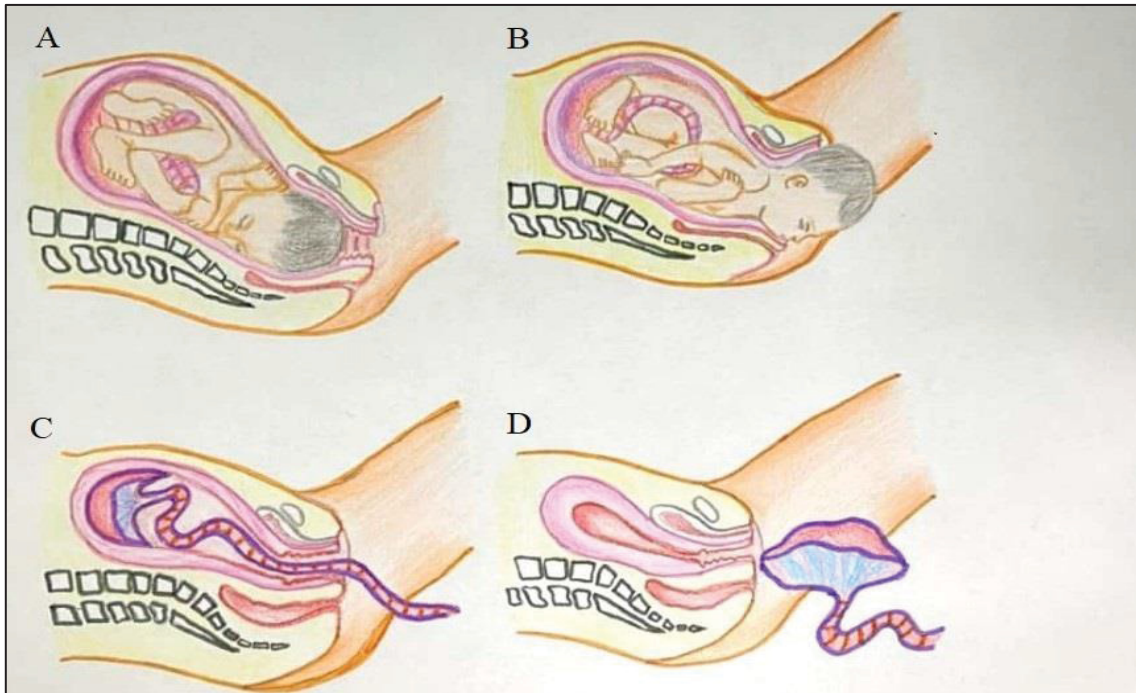


FONTE: Camila Santos de Souza

PARTO NORMAL

Processo de saída do feto, placenta e membranas fetais. Ocorre por uma sequência de contrações uterinas, dilatação do colo do útero e saída do feto através do canal vaginal. Diversos hormônios estão envolvidos no processo de contração do útero. A neuro-hipófise materna secreta a ocitocina, que promove as contrações do músculo liso do útero (FIGURA 9).

FIGURA 9: ESQUEMA ILUSTRANDO AS ETAPAS DO PARTO NORMA.



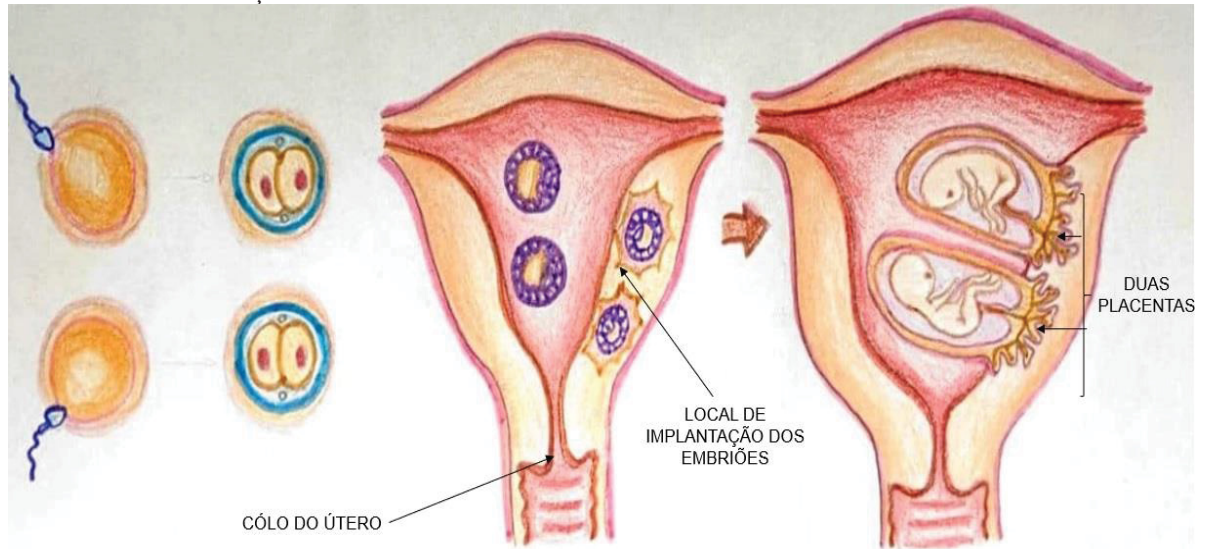
DESCRIÇÃO DA IMAGEM: Em A, está representado a etapa de dilatação do colo do útero; em B, a fase de expulsão, no qual o feto sai através do colo do útero; em C, a placenta se afasta da parede do útero; em D, expulsão da placenta, das membranas e do cordão umbilical.

FONTE: Melissa Spindola Estevam

GÊMEOS

❖ **DIZIGÓTICOS:** são oriundos da fecundação de dois ovócitos, cada um por um espermatozoide. São irmãos que se desenvolvem ao mesmo tempo, podendo ser do mesmo sexo ou de sexos diferentes, pois têm material genético diferente um do outro. Possuem dois âmnios e dois córions (FIGURA 10).

FIGURA 10: FORMAÇÃO DE GÊMEOS DIZIGÓTICOS.

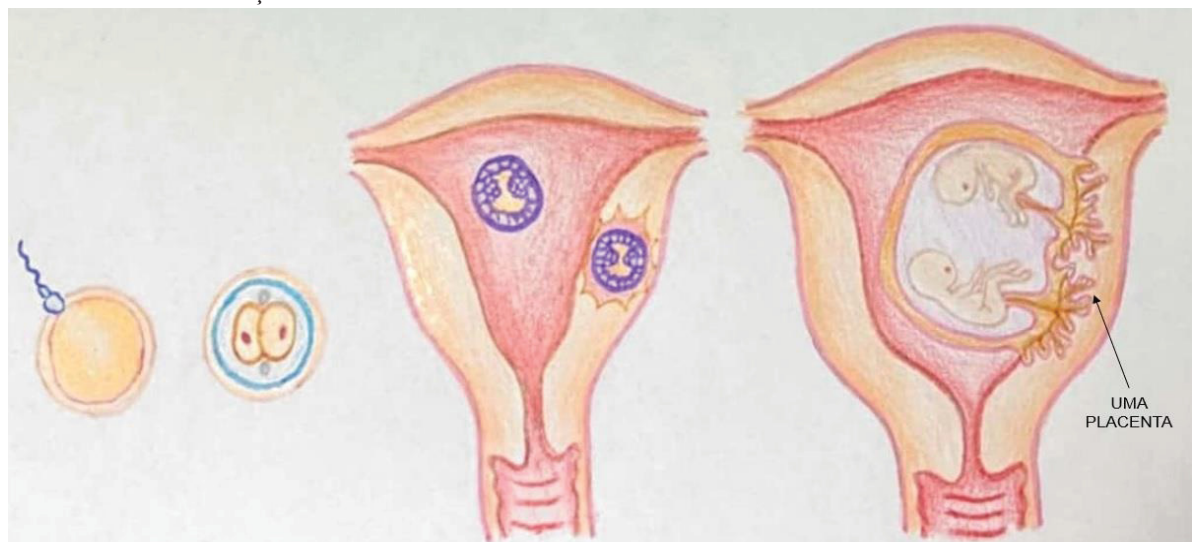


DESCRIÇÃO DA IMAGEM: Note que dois ovócitos são fecundados, cada um, por um espermatozoide,, dando origem a dois zigotos.

FONTE: Melissa Spindola Estevam

❖ **MONOZIGÓTICOS:** são resultantes da fecundação de apenas um ovócito, sendo assim, geneticamente idênticos, do mesmo sexo e fisicamente parecidos. Geralmente, a separação de gêmeos monozigóticos se inicia no blastocisto, ao final da 1ª semana, onde o embrioblasto se divide em dois, mas permanecem dentro de um único trofoblasto. Logo, formam um único córion e, por isso, compartilham uma única placenta (figura 11).

FIGURA 11: FORMAÇÃO DE GÊMEOS MONOZIGÓTICOS.



DESCRIÇÃO DA IMAGEM: Note que um ovócito é fecundado por um espermatozoide, dando origem a um zigoto.

FONTE: Melissa Spindola Estevam

CÉLULAS TRONCO

Podem ser definidas como células que possuem um potencial para renovação e a produção de ao menos um tipo de célula diferenciada. Podem ser classificadas em: totipotentes, multipotentes e pluripotentes (figura 12).

Células totipotentes possuem capacidade de se dividir e formar todos os tipos de células do organismo. Podem formar células derivadas dos três folhetos germinativos (endoderma, ectoderma e mesoderma), além dos quatro anexos embrionários (âmnio, córion, saco vitelínico e alantóide). Apenas o zigoto e os primeiros blastômeros têm todo esse potencial.

Células pluripotentes possuem uma potencialidade menor que as encontradas no zigoto, podendo formar um menor número de tipos de células. Podem formar os folhetos, mas não os anexos embrionários. As células do embrioblasto são consideradas as células tronco embrionárias.

Células multipotentes podem formar uma série de tipos celulares, mas não todos. O exemplo típico são as células tronco da medula óssea, que formam todos os tipos de células sanguíneas, dentre outras.

Células oligopotentes e unipotentes podem ser encontradas em todos os tecidos do organismo, possuindo uma menor plasticidade, podem se diferenciar em tecidos originados do próprio folheto germinativo.

❖ CÉLULAS TRONCO EMBRIONÁRIAS (CTE): são originadas da camada interna do blastocisto (embrioblasto), formadas por volta de 5 dias após a fecundação.

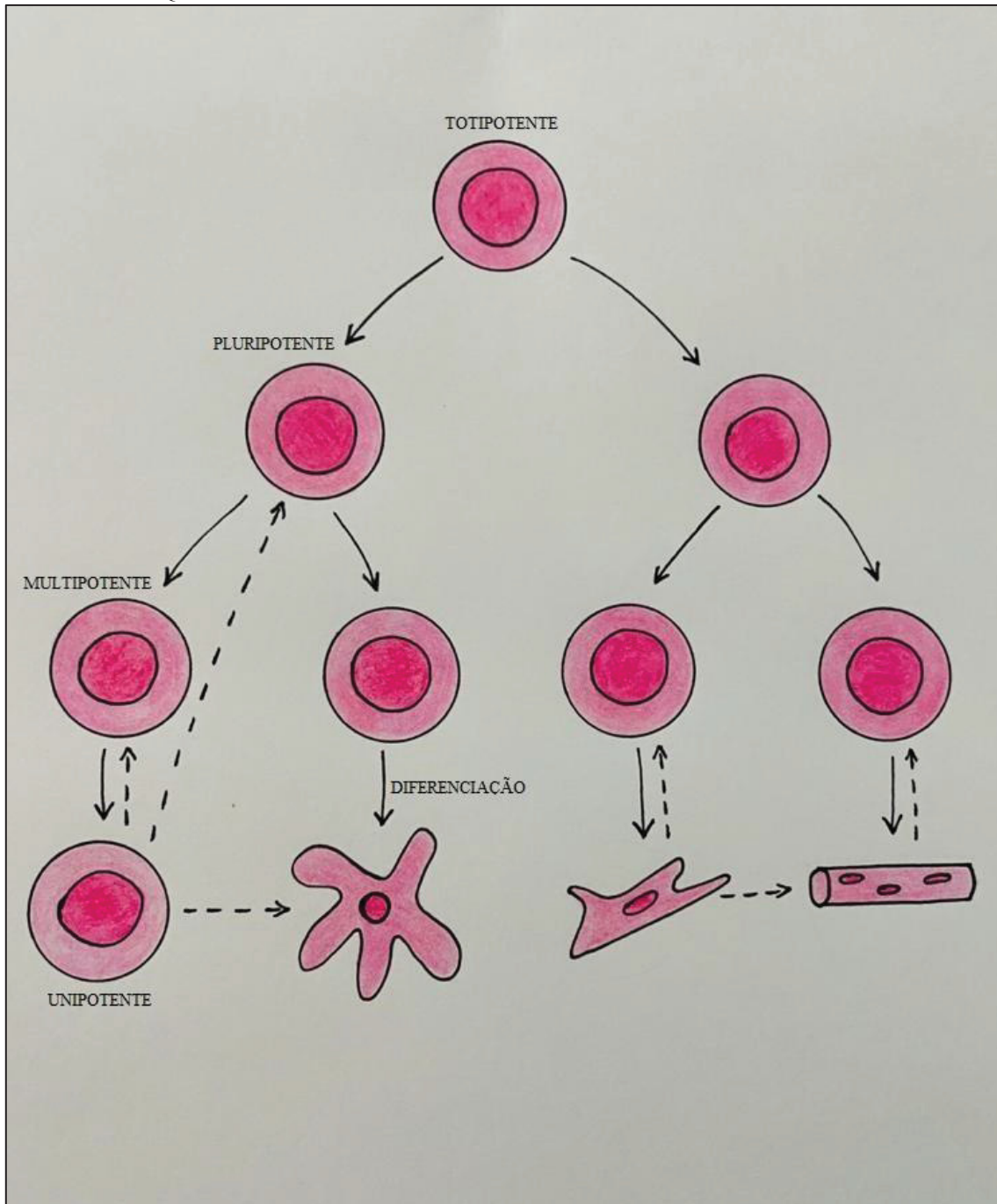
- Em 1981, a primeira linhagem de CTE de blastocisto cultivada a partir de embriões de camundongo.

- Em 1998, a primeira linhagem de células tronco embrionárias humana foi cultivada.

❖ CÉLULAS TRONCO PLURIPOTENTES INDUZIDAS

Surgiram como alternativa ao uso de células tronco embrionárias, em 2007. São produzidas por meio de reprogramação genética, usando para isso, um retrovírus. Esse tipo de técnica evita as implicações éticas que podem surgir com a pesquisa com células tronco embrionárias.

FIGURA 12: ESQUEMA REPRESENTANDO OS TIPOS DE CÉLULAS-TRONCO.



FONTE: Camila Santos de Souza

TERATOGENESE

São agentes ambientais, os teratógenos, podem causar alterações no desenvolvimento embrionário, levando ao surgimento de congênito ou aumentar sua incidência na população. Os agentes teratogênicos não são aptos a gerar defeitos congênitos até o período de início da diferenciação celular, podendo causar a morte do embrião.

Os agentes que podem levar a malformações afetam de maneira mais intensa no período que ocorre a morfogênese e organogênese, momentos de maior processo de diferenciação celular.

Dentre as substâncias químicas com potencial teratogênico, pode-se destacar:

- **Álcool:** mães que ingerem bebidas alcoólicas no período gestacional, podem gerar filhos com deficiência de crescimento, mal formações cardíacas, entre outros problemas relacionados.
- **LSD:** o ácido dietilamida lisérgico tem propriedade de causar rupturas cromossômicas, levando a formação de crianças com malformações.
- **Alcaloides:** a nicotina apresenta efeito sobre o crescimento do feto.
- **Talidomida:** causa o desenvolvimento anormal ou a não formação dos membros.
- **Cocaína:** pode levar ao nascimento prematuro e a microcefalia.
- **Metilmercúrio:** agente que tem potencial de causar atrofia cerebral e deficiência intelectual.

Tipos de ovos

Os diferentes tipos de ovos dependem do grupo ao qual o animal pertence. Podemos observar tipos distintos de ovos, que surgem em decorrência da quantidade e da forma em que o vitelo fica disposto no citoplasma da célula (**figura 13**). O ovócito cresce conforme ocorre o alimento da concentração dessas substâncias nutritivas. A quantidade e a disposição do vitelo influenciam no padrão da clivagem que vai ocorrer e conseqüentemente, influencia no desenvolvimento embrionário. Os tipos de ovos são:

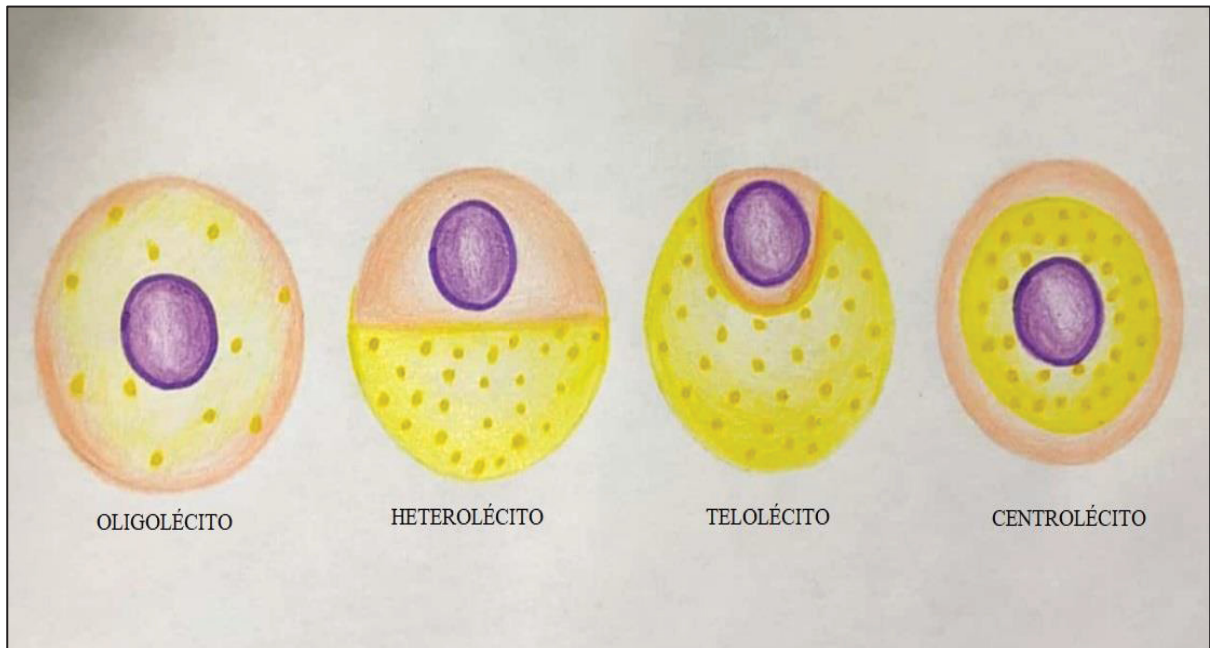
a) **Oligolécitos:** ovos com pouca quantidade de vitelo, nos quais a distribuição desse material é uniforme. Também são conhecidos por ovos isolécitos. Podemos encontrar esse tipo de ovo em animais como mamíferos placentários, nos quais a espécie humana se insere. Nesses grupos de animais, a nutrição do embrião será obtida através do corpo materno, com exceção dos mamíferos.

b) **Heterolécitos:** ovos com moderada quantidade de vitelo. Pode se distinguir duas regiões, o polo animal e polo vegetal, devido a deposição de vitelo ser localizada no polo vegetal. Ovos de anfíbios são representantes deste tipo de ovo.

c) **Telolécitos:** ovos com grande quantidade de vitelo. Ocorre uma separação entre citoplasma e vitelo, onde o citoplasma se apresenta como uma fina camada na superfície do ovo. São típicos de aves, peixes ósseos, répteis e alguns moluscos. A gema do ovo de galinha corresponde ao vitelo.

d) **Centrolécitos:** O citoplasma é restrito a uma fina camada disposta ao redor do ovo e uma região central, onde é encontrado o núcleo. Artrópodes, como insetos, são exemplos de seres que apresentam esse tipo de ovo.

FIGURA 13: REPRESENTAÇÃO DOS DIFERENTES TIPOS DE OVOS ENCONTRADOS EM DIVERSOS GRUPOS ANIMAIS.



FONTE: Melissa Spindola Estevam

Atividades

- 1- Descreva as etapas da fecundação.
- 2- Qual o papel da notocorda na formação do sistema nervoso?
- 3- Quais são as funções da placenta?
- 4- Qual a ligação entre a quantidade de vitelo e o tipo de clivagem que o ovo irá sofrer?
- 5- O que ocorreria se não houvesse a formação da notocorda?

PESQUISA

- 1- Organize, em grupos, uma pesquisa sobre agentes teratogênicos, sistematize os resultados e apresente para a comunidade escolar.
- 2- Pesquisa sobre células tronco.

Desenvolvimento da atividade:

- Organizar os estudantes em grupos e distribuir os temas: tipos de células tronco e aplicações das terapias de células tronco;
- Sistematizar os resultados e apresentar para o restante da turma;
- Organizar, em grupos, uma entrevista com a comunidade sobre a utilização e a pesquisa de células tronco. O professor deve auxiliar na produção do questionário a ser empregado na entrevista;

- Selecionar segmentos da comunidade para a aplicação da entrevista, tais como professores, profissionais da saúde, advogados, religiosos de diversas vertentes, entre outros;
- Os resultados devem ser organizados em gráficos e tabelas (pode solicitar o auxílio de professores de Matemática e Física, possibilitando um trabalho interdisciplinar);
- Levantar informações sobre as implicações éticas que podem surgir em pesquisas que utilizem células tronco (atividade interdisciplinar com professores de Filosofia e Sociologia);
- Apresentar os resultados para a comunidade escolar.

3- Pesquisa em diferentes fontes como livros didáticos e páginas na internet de temas relacionados ao desenvolvimento embrionário: fecundação, clivagem, implantação, gastrulação, neurulação, anexos embrionários.

Desenvolvimento da atividade:

- Organizar os estudantes em 6 grupos e distribuir os temas da pesquisa;
- Desenvolver a pesquisa e sistematizar os resultados com a apresentação em cartazes, powerpoint ou qualquer outro meio;
- Apresentação dos resultados para a turma. O professor deve organizar o momento da apresentação e gerar as discussões necessárias para a sistematização dos conceitos trabalhados.

4- Demonstre o disco embrionário bilaminar e a gastrulação, em um modelo tridimensional e monte um vídeo em Stop Motion

Desenvolvimento da atividade:

- Pesquisa das imagens em livros didáticos ou em páginas da internet;
- Utilização de materiais diversificados, tais como massa de modelar, argila, massa de biscoito, isopor, tinta, canetas coloridas e outros materiais que julgar pertinentes para produção dos modelos;
- Auxiliar os estudantes a organizar as imagens para produção do vídeo Stop Motion, e escolher o aplicativo que mais se adequa às necessidades;
- Apresentar os vídeos aos demais colegas, e promover uma discussão sobre os elementos apresentados nas produções.

5- Painel interativo

- Criar modelos tridimensionais dos diferentes tipos de ovos e clivagem, utilizando biscoito ou qualquer outro material, sobre bolinhas de isopor, com fixação de velcro na parte inferior.
- Produzir um painel do tamanho de uma cartolina, com árvore filogenética apontando os diferentes grupos de animais. Em frente a cada grupo, identificar com o nome e uma imagem para auxiliar sua identificação e fixar a outra parte do velcro com cola quente.

- Apresentar o conteúdo tipos de ovos, utilizando slides com imagens dos tipos de ovos e vídeos de clivagem em diferentes espécies.

Vídeos que podem ser utilizados:

- Anfíbios:
<https://www.youtube.com/watch?v=dXpAbezdoHo>
- Peixes:
<https://www.youtube.com/watch?v=YWblshTuAaY>
- Insetos:
<https://www.youtube.com/watch?v=YO-n5ZP5Lsk>
- Mamíferos:
<https://www.youtube.com/watch?v=rPbWui8Uz6o>
- Ouriço-do-mar:
<https://www.youtube.com/watch?v=sq-BY-JpPaM>
- Aplicar o painel interativo, dividindo a turma em grupos. Cada grupo deve receber um material para pesquisa, como livro didático ou outros textos selecionados pelo professor. Os estudantes devem afixar o modelo tridimensional que corresponde ao tipo de ovo característico de cada grupo, bem como fixar o modelo de clivagem que o tipo de ovo sofre.
- Encerrando a atividade pode ser aplicado uma atividade para que os estudantes possam elaborar hipóteses para a resolução.
 - a) Por que diferentes animais têm ovos com quantidades maiores ou menores de vitelo (oligolécitos, mesolécitos e megalécitos)?
 - b) Por que alguns ovos sofrem clivagem holoblástica e outros meroblástica?
- Promover uma discussão sobre as respostas aos questionamentos propostos.

REFERÊNCIAS

GARCIA. S. M. L. de; GARCIA FERNÁNDEZ, C. **Embriologia**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2012.

GILBERT, S.; BARRESI, M. J. F. **Biologia do desenvolvimento**. 11. ed. Porto Alegre: Artmed, 2019. 916 p.

MOORE, K. L.; PERSAUD T. V. N.; T., MARK, G. **Embriologia Básica** – 9ª Ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2016.