

Arte Visual no Ensino da Citologia: Diversidade Celular no Corpo Humano

Artes Visuales en la Enseñanza de la Citología: Diversidad Celular en el Cuerpo Humano

Visual Arts in Cytology Teaching: Cell Diversity in the Human Body

Ana Paula Cavalari Faller¹, Bernardo de Lima², Ângelo Antônio Gonçalves de Quadros³,
Nicolle Louise Klein Ottoni Guedes⁴, Célia Cristina Leme Beu⁵, Lucinéia de Fátima Chasko
Ribeiro⁶, Rose Meire Costa⁷

^{1,2,3,4,5,6,7}Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste), Paraná, Brasil.

¹anapaula-faller@hotmail.com; ²bernardo.arv@gmail.com; ³angelo.quadros@hotmail.com;

⁴nycolleguedes@outlook.com; ⁵celiabeu@yahoo.com; ⁶lucineia.cr@gmail.com;

⁷rosecb@gmail.com

Recibido 09/12/2019 – Aceptado 06/07/2020

Resumo

O corpo humano é formado por grande diversidade de células e, no ensino da citologia, a morfofisiologia celular é normalmente baseada num modelo celular padrão, distante da realidade do aluno. O objetivo foi utilizar as artes visuais no desenvolvimento de modelos bidimensionais de células eucarióticas, utilizando informações microscópicas (estrutura e ultraestrutura), obtidas de pesquisa teórica na área. Aspectos morfológicos essenciais, função e posicionamento anatômico foram considerados e se apresentaram fundamentais na compreensão da unidade da vida. A utilização do corpo humano na exemplificação da diversidade celular, conferiu maior significado ao objeto de estudo. Assim, a proposta pedagógica, voltada a educação básica, apresenta uma visão diferenciada, lúdica e integrada, para além dos modelos tradicionais de células eucarióticas animais.

Palavras-chave: Biologia celular; Educação em biologia; Corpo humano; Ensino

Abstract

The human body is made up of a great diversity of cells and, in cytology teaching, cellular morphophysiology is usually based on a standard cellular model that is distant from the student's reality. The present study aimed to use the visual arts in the development of two-dimensional eukaryotic cell models, using microscopic, structure and ultrastructure information obtained from theoretical research in the area. Essential morphological aspects, function and anatomical positioning were considered and presented as fundamental in understanding the unity of life. The use of the human body in the exemplification of cellular diversity gave greater meaning to the object of study. Thus, the pedagogical proposal, focused on Basic Education, presents a differentiated, playful and integrated view, beyond

the traditional models of animal eukaryotic cells.

Keywords: Cell biology; Biology Education; Human body; Teaching
Resumen

El cuerpo humano está formado por una amplia diversidad de células que surgen de la división y diferenciación de una sola célula, la célula huevo, durante el desarrollo embrionario. La diversidad celular, definida por el modelo de expresión génica de cada especie, conduce a la especialización en el desarrollo de funciones de mayor rendimiento. Las técnicas moleculares, genéticas y microscópicas se utilizan en la caracterización morfológica (tamaño, forma y apariencia) y funcional de las células. El conocimiento de la diversidad morfológica es la base para comprender la función celular y para comprender la organización biológica. Sin embargo, en la Educación Básica, los libros de texto suelen presentar la morfología celular de forma estanca, basada en un modelo celular estándar y, a menudo, dissociada del funcionamiento orgánico que condiciona la vida. El problema se inserta en gran medida a la estructura microscópica y a los patrones metabólicos complejos de la célula, lo que dificulta la planificación y organización de las clases para que estudiantes puedan comprender mejor su contenido. Teniendo en cuenta estos aspectos, el presente estudio tuvo como objetivo presentar la diversidad morfológica y funcional de las células de *Homo sapiens*, utilizando artes visuales de imágenes, en la creación de modelos de células eucariotas. Los modelos son instrumentos pedagógicos lúdicos, bastante diversos y que permiten presentar la realidad de una manera esquemática, concreta y simplificada, haciéndola más comprensible para el estudiantado. El propósito es enseñar la célula dentro de lo que nos es familiar: el cuerpo humano, permitiendo que el alumnado, progresivamente, tome conciencia de la importancia de las unidades microscópicas que lo forman. El cuerpo se presenta como un recurso natural más concreto, es nuestra identidad. En el enfoque metodológico del estudio se realizó el análisis del contenido de la Biología Celular en trabajos del Programa Nacional de Libros de Texto 2018. Las imágenes de las células eucariotas que constituyen los órganos del cuerpo, se desarrollaron en dos dimensiones basadas en información estructural, ultraestructural y funcional, obtenida de la literatura científica en el área. También se consideró el conocimiento del posicionamiento anatómico de las células y se ubicaron en un perfil con los órganos del cuerpo humano. Las células también se organizaron en un gráfico de escala en μm , con tamaños aproximados. En el análisis del contenido de Biología Celular en los libros de texto se descubrió que persiste una enseñanza fragmentada, con énfasis en la clasificación celular y en representaciones celulares icónicas, que revelan obstáculos didácticos relacionados con la diversidad celular. Se presenta un modelo celular estándar de eucariotas animales y vegetales, estos se comparan entre sí y con un modelo procariota (bacteria). Esta presentación de contenido no ofrece a estudiantes el conocimiento de la diversidad celular real y su importancia como unidad básica de la vida. Las imágenes bidimensionales desarrolladas en este estudio exploran aspectos morfológicos esenciales y permiten una visión más amplia de este "universo microscópico". Para facilitar la comprensión, las células se agruparon según su funcionalidad en: células germinales, espermatozoides y ovocitos; células de transmisión de información y de control, neurona; células de soporte, osteocitos; células de revestimiento, queratinocitos; células secretoras,

células caliciformes; células contráctiles, células del músculo liso; células de transporte, glóbulos rojos; y células de reserva de energía, adipocitos. La posición anatómica de los tipos de células producidas se realizó en una imagen con órganos corporales de *H. sapiens*. Las células también fueron trazadas en un gráfico de acuerdo con su tamaño relativo, lo que permite una presentación visual diferente. El conocimiento de la morfología celular es fundamental para comprender los procesos metabólicos básicos que rigen la vida y tiene aplicaciones en ensayos clínicos y biológicos, como la diferenciación de células madre, la investigación de células cancerosas y la hematología. Se desarrollaron softwares de análisis de imágenes de células microscópicas como una herramienta de reconocimiento de patrones, fundamental para identificar y clasificar anomalías y dar cuenta de numerosos avances científicos. Las células se presentaron teniendo en cuenta su ubicación anatómica, reforzando que el rendimiento metabólico celular explica la actividad de los órganos y sistemas del cuerpo. Además, al usar el cuerpo humano en la ejemplificación, se confiere una aproximación más cercana del contenido dentro de la realidad experiencial de cada estudiante, provocando la motivación y el significado necesarios para desarrollar la base cognitiva para los procesos de enseñanza y aprendizaje de la Biología Celular en la Educación Básica. La propuesta pedagógica ofrece una visión diferenciada, lúdica e integrada de las células eucariotas, centrada en la Educación Básica, además de los modelos tradicionales de estructura celular de eucariotas animales.

Palabras clave: Biología celular; Educación en biología; Cuerpo humano; Enseñanza

Introdução

No corpo humano estima-se que ocorram $3,0 \times 10^{13}$ células (Sender et al., 2016), que trabalham harmônica e cooperativamente de forma a manter a homeostase corporal e, como consequência, a vida. As células compõem a base estrutural e funcional do organismo e, enquanto unidades vivas, desequilíbrios neste sistema podem gerar uma série de distúrbios graves, muitas vezes fatais, que culminam com a morte da organização multicelular. Todas estas células provêm de uma única, a célula-ovo ou zigoto, que resulta do processo de fertilização e passa por divisões e diferenciações celulares altamente reguladas, onde se especializam, desenvolvendo funções com maior rendimento, e gerando a grande diversidade de células existentes (Alberts et al., 2017).

A diversidade celular é definida pelo modelo de expressão gênica de cada espécie e em *Homo sapiens* estudos indicam 411 tipos celulares; entretanto, não existe consenso quanto a este valor. Técnicas moleculares, genéticas e microscópicas são utilizadas na caracterização estrutural e funcional destas células, classificadas como eucarióticas. Assim, existem células responsáveis pela reprodução, pelo armazenamento de nutrientes, pelo movimento, por transmitir informações, entre outras (Vickaryous e Hall, 2006; Alberts et al., 2017).

O desempenho funcional dos órgãos e sistemas corpóreos depende do trabalho metabólico integrado desta população celular e, muitos dos avanços científicos na atualidade resultaram do entendimento da função celular e o conhecimento da sua estrutura morfológica

é importante em estudos da organização celular e do estado fisiológico das células, podendo ser usado na clínica e em ensaios biológicos diversos (Pincus e Theriot, 2007).

A diversidade morfológica das células em *H. sapiens* é pouco explorada em livros textos da educação formal, em especial, no ensino médio. Um dos motivos para esta problemática se insere na estrutura microscópica celular, que dificulta o planejamento e a organização das aulas de maneira a facilitar a assimilação do conteúdo (Matos et al., 2009). Castro et al. (2016) mostraram que estudantes ingressantes no ensino superior apresentaram conhecimentos científicos limitados da célula. Lima (2010) alerta sobre os problemas nos processos ensino e aprendizagem da célula, no qual o aluno apresenta dificuldades no entendimento de sua complexidade estrutural, dimensionamento e diversidade.

Considerando o exposto, a proposta é ensinar a célula, seus aspectos morfológicos essenciais (de tamanho, forma, aparência e estrutura) e funcionais, dentro do que nos é familiar - o corpo humano; possibilitando uma progressiva tomada de consciência da importância de suas unidades microscópicas formadoras. Conforme Silva et al. (2008), o corpo se apresenta como um recurso mais concreto, natural, é a nossa identidade. De forma a facilitar o contato do aluno com o objeto de estudo, no caso, a célula, foi utilizado as artes visuais na sua representação.

Artes visuais, como as imagens, são usadas há séculos, desde os gregos, como ferramentas para a compreensão (Angelotti e Letcher, 2009). Elas estruturam percepções e atos cognitivos e têm consequências para todas as formas de entendimento. O cérebro humano forma e armazena imagens mentais, e o processamento das informações sensoriais é único e particular, já que recebe influências culturais e de experiências passadas (Finson e Pederson, 2011). Finson e Pederson (2011), acrescentaram que as imagens devem ser analisadas e manipuladas, de forma a se extrair significados e, com isso, possam ser utilizadas para promover a educação e melhorar a base cognitiva do indivíduo.

Determinar a melhor forma de lidar com as imagens e capitalizar seu poder informacional para fins educacionais no ensino de ciências é um foco particular do artigo e, neste sentido, optou-se pelo uso de modelos didáticos de células. Os modelos são instrumentos pedagógicos lúdicos, bastante diversificados e que possibilitam apresentar a realidade de forma esquematizada, concreta e simplificada, tornando-a mais compreensível ao aluno (Medeiros e Rodrigues, 2012). Apesar da validade do uso de modelos, este instrumento ainda é pouco utilizado no ensino de ciências (Silva et al., 2016). Os autores reforçaram a importância do uso de modelos didáticos em citologia, a partir do ensino fundamental, devido a dificuldade de entendimento de seus conceitos.

Assim, entende-se que a apresentação do conteúdo célula, com uso das artes visuais dos modelos didáticos de células eucarióticas do corpo humano, possibilita uma visão ampliada da sua diversidade morfológica e funcional, e uma maior aproximação do conteúdo dentro da realidade vivencial do aluno, desencadeando a motivação e o entusiasmo necessários ao desenvolvendo das bases cognitivas voltadas aos processos de ensino e aprendizagem da citologia na educação básica.

Desenvolvimento

A morfologia das células eucarióticas que compõem o corpo humano é bastante diversa e, de forma a permitir uma visão ampla deste “universo microscópico”, foram selecionadas células com morfologia e funções diversificadas, que foram agrupadas com base em sua funcionalidade em: células germinativas; células de transmissão de informações e controle; células de suporte; células de revestimento; células secretoras; células contráteis; células de transporte; e células de reserva energética (Tabela 1). Cabe ressaltar, que a maioria das células desempenham funções múltiplas, sendo apresentada a que mais caracterizava o tipo celular em específico. Apesar da diversidade, as células compartilham algumas características comuns, como a presença de núcleo e citoplasma rico em organelas, onde ocorrem funções metabólicas diversas, capacitando-as a manterem sua estrutura organizada, crescerem e gerarem cópias de si próprias por meio da divisão celular. As imagens artísticas das células eucarióticas em *H. sapiens*, produzidas como modelos bidimensionais, foram desenvolvidas com base em informações microscópicas da literatura na área (Alberts et al., 2017; Sender et al., 2016; Vickaryous e Hall, 2006; Carvalho e Collares-Buzato, 2005), sendo apresentadas na figura 1 e organizadas em gráfico, considerando seu tamanho relativo na figura 2. Na figura 3, as células foram posicionadas de acordo com sua localização anatômica em órgãos e sistemas corpóreos.

Tabela 1. Células eucarióticas em *Homo sapiens*: morfologia, função e localização anatômica.

Tipos celulares		Localização anatômica	Tamanho aproximado*	Morfologia	Função
Germinativas	Espermatozoides	Testículo	60 μm (0,06 mm)	Ovalada com uma longa cauda	Fecundação
	Oócitos ou ovócitos	Ovário	120 μm (0,12 mm)	Esférica	Fecundação
Informacional e controle	Neurônios ou células nervosas	Sistema Nervoso	4 a 100 μm (0,004 a 0,1 mm); podem chegar a 1 m	Arborescente com muitos ramos	Recebem e transmitem sinais ou estímulos
Suporte	Osteócitos	Esqueleto	20 μm (0,02 mm)	Estrelada	Formam o esqueleto
Revestimento	Queratinócitos	Pele	50 μm (0,05 mm)	Poliédrica	Revestimento e proteção da pele
Secretoras	Células caliciformes	Sistema respiratório e trato gastrointestinal	50 μm de comprimento e 10 μm de largura (0,05 e 0,01 mm)	Colunar em forma de cálice (base estreita e ápice dilatado)	Secreção de muco protetor
Contrátil	Células musculares lisas	Paredes de órgãos ocos	20 a 600 μm (0,02 a 0,6 mm)	Fusiforme, alongada	Contração
Transporte	Hemácias, glóbulos vermelhos ou eritrócitos	Circulação sanguínea	8 μm (0,008 mm)	Disco bicôncavo	Transporte gases
Reserva	Adipócitos ou células adiposas	Regiões subcutâneas e viscerais	20 a 300 μm (0,02 a 0,3 mm)	Esférica	Reserva de energia (gordura)

Fundamentos

*Em citologia, a unidade de medida para tamanho, utilizada com frequência, é o micrômetro (μm), e 1 μm equivale a milésima parte do milímetro (0,001 mm). Para ter uma idéia de quão pequena é uma célula, verifique o seguinte: O ponto na vogal "i" tem aproximadamente 0,5 mm ($\approx 500 \mu\text{m}$) de diâmetro. Portanto, se presumir que uma célula, por exemplo, um neurônio tem 10 μm de diâmetro, pode-se colocar 50 neurônios lado a lado através do ponto. No entanto, se considerar neurônios grandes ($\approx 100 \mu\text{m}$) poderá colocar apenas 5. Fonte: Autores.

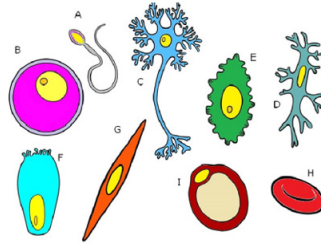


Figura 1: Imagens da diversidade morfológica de células eucarióticas do corpo humano. Em A, espermatozoide; B, ovócito; C, neurônio; D, osteócito; E, queratinócito; F, célula caliciforme; G, célula muscular lisa; H, hemácia; I, adipócito. Núcleo, em amarelo, presente em todas as células, exceto hemácias.; em algumas se apresenta esquematizado o nucléolo (em laranja)

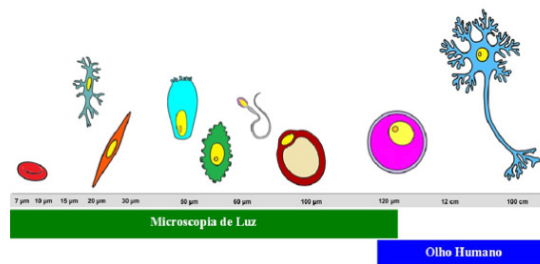


Figura 2. Gráfico, com escala em μm , apresentando os tamanhos aproximados e a diversidade de células eucarióticas em *Homo sapiens*.

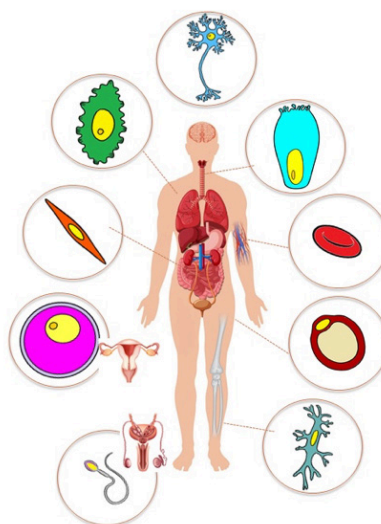


Figura 3. Esquema do posicionamento anatômico das células eucarióticas do corpo humano. Neurônio, no cérebro (C); célula caliciforme, na traquéia (Q); hemácia, nos vasos sanguíneos (V); adipócitos, em depósitos subcutâneos (S); osteócito, nos ossos (O); espermatozoide, nos testículos (T); ovócito, nos ovários (R); célula muscular lisa, na bexiga (B); e queratinócito, na pele (P).

Discussão

Células são pequenas unidades microscópicas que carregam todos os processos vitais. Existem organismos formados por uma única célula, os unicelulares (como bactérias e protozoários), e os formados por várias células, os multicelulares (como plantas, fungos e animais). Interessante que *H. sapiens* inicia a vida como unicelular, a célula ovo, e, ao longo do desenvolvimento embrionário, que dura cerca de nove meses (40 semanas), esta célula passa por inúmeras transformações (divisões e diferenciações) altamente reguladas, até o nascimento. O crescimento e o desenvolvimento são contínuos e estima-se uma população de 30 trilhões de células no adulto. Ao se considerar a população de bactérias que habita o corpo, cerca de 38 trilhões (Alberts et al., 2017; Sender et al. 2016), pode-se dizer que o corpo humano representa um “ecossistema complexo”, com uma diversidade enorme de células eucarióticas, bem como procarióticas.

A arte visual desenvolvida, com os modelos didáticos, apresenta de forma esquematizada e simplificada células eucarióticas, pertencentes a ampla diversidade celular no corpo de *H. sapiens*, conforme os estudos de Vickaryous e Hall (2006). Os modelos exploram aspectos morfológicos essenciais e o conhecimento das células com base em suas diferenças morfológicas tem aplicações diversas nas ciências, por exemplo, em pesquisas de diferenciação de células-tronco, células cancerígenas e hematologia. Uma ampla variedade de pacotes de software de análise de imagem foram desenvolvidos para ajudar a converter imagens microscópicas em medidas qualitativas e quantitativas (Pincus e Theriot, 2007). Chen et al. (2012) revisaram as aplicações biomédicas do uso da morfologia celular, que se tornou uma ferramenta relevante no processamento de imagens celulares e reconhecimento de padrões, fundamental para identificação e classificação de anormalidades, detecção precoce de câncer, de forma a se reduzir mortalidade e morbidade, especialmente para o câncer do colo do útero, considerada a doença mais evitável por meio de detecção precoce. Aplica-se, também, na análise de mudanças dinâmicas sob estresse ambiental específico, na compreensão da resposta quimiotáxica e influências de drogas, e na identificação da morfogênese celular em diferentes fases do ciclo celular.

A organização visual dos modelos celulares em duas dimensões facilita sua reprodução, em termos de materiais necessários, técnica e custos, de forma a atender a realidade das escolas brasileiras. Conforme dados do Sistema de Avaliação da Educação Básica, em 2017, o Ensino Médio se apresenta estagnado desde 2009 (MEC, 2018), conferindo um ensino de baixa qualidade e desigual nas diferentes regiões do País. Mesmo considerando os questionamentos referentes aos parâmetros de avaliações da educação básica em larga escala (Lipsuch e Lima, 2017), um dos aspectos que tem levado a este quadro avassalador é a falta de infraestrutura das instituições de educação básica, em especial as públicas. Soares Neto et al. (2013) relataram que apenas 0,6% das escolas de educação básica no Brasil apresentam infraestrutura considerada adequada e capaz de atingir os propósitos de uma educação de qualidade.

Teixeira (2010) colocou que no estudo da biologia da célula, grande parte das instituições públicas não apresentam laboratórios e coloca a opção didática do uso de modelos no seu ensino. Amaral (2010) e Bastos e Faria (2011) acrescentaram os aspectos

da ludicidade e do prazer no uso dos modelos, de forma a se obter um aprendizado significativo. Oliveira et al. (2015) apontaram a importância de modelos didáticos na compreensão de objetos que não possuem “atributos visuais” adequados, ou seja, microscópicos, como as células. Ainda, Bastos e Faria (2011) destacaram a importância dos modelos bidimensionais e tridimensionais no complemento do ensino da citologia e enfatizaram que este recurso possibilita a participação ativa dos alunos em sala de aula, tornando-os sujeitos do seu próprio aprendizado.

A qualidade do modelo produzido deve ser analisada em relação a sua importância didática, como um recurso que possa ser utilizado na construção de um conhecimento significativo. Nascimento (2016) apresentou um panorama dos estudos relativos ao ensino de citologia, revelando que no Brasil sua história é mais recente e diluída. Nas publicações em Anais do Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, evento promovido pela Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, em 2009, 2011 e 2013, e também da Sociedade Brasileira de Biologia Celular, nos anos de 2010, 2012 e 2014, o autor observou que mesmo restritos muitos dos estudos exploravam o uso de modelos didáticos, como forma de aprendizagem na área.

Nos conhecimentos da unidade básica da vida, trabalhados na disciplina de citologia ou biologia celular, foi verificado que a morfologia celular é apresentada de forma vaga, abstrata, utilizando-se de modelo celular padrão para eucariotos (animal e vegetal), apresentado no comparativo com procariotos (bactérias), conforme a análise do conteúdo em livros do Programa Nacional do Livro Didático 2018 para o ensino médio, no portal do Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (Brasil, 2017). Tais modelos têm ênfase na classificação celular e suas estruturas internas (Orlando et al., 2009; Amaral, 2010; Guimarães et al., 2016; Clément, 2007; Bastos e Faria, 2011). Clément (2007) coloca que o conceito de célula eucariótica introduzido em escolas e mesmo fora dela, onde se utiliza de dois desenhos comparativos, o da célula vegetal e o da célula animal, revelam obstáculos didáticos associados a esta apresentação, já que, no caso da célula animal, nem todas têm a mesma morfologia e estrutura interna que a esquematizada nas imagens. Existem diferenças importantes entre os tipos de células animais, como nos neurônios e nas fibras musculares, e estas diferenças respondem por aspectos particulares de funcionalidade. Neste sentido, a proposta deste estudo se diferencia das demais ao apresentar uma visão ampliada, integrada das células de um eucarioto animal, o Ser Humano, revelando sua diversidade estrutural e funcional, com informações relativas ao seu posicionamento anatômico e cuja atividade metabólica responde pela própria funcionalidade do órgão ao qual a célula se encontra. Ainda, considerando que a organização microscópica segue um padrão evolutivo, os tipos celulares apresentados podem ser utilizados para exemplificar outros animais multicelulares.

Considerações Finais

A complexidade no ensino da biologia celular ocorre devido as células serem unidades microscópicas e os fenômenos biológicos que ocorrem a nível celular, em grande parte, não são perceptíveis e nem manipuláveis pelos alunos. Ainda, a atividade experimental

depende de conhecimentos bioquímicos e biofísicos e, em muitos casos, de equipamentos, como o microscópio. Tais particularidades revelam conceitos abstratos no entendimento, e conforme Houaiss e Villar (2009), no 'abstrato' trabalha-se com ideias e suas associações e não com a realidade. Assim, na compreensão da morfologia e dos fenômenos microscópicos celulares a realidade não é perceptível aos sentidos, explicando-se as dificuldades de aprendizagem inerentes da disciplina.

Na aprendizagem, as novas informações são captadas do meio através dos sentidos que, via intrincados processos neurobiológicos, ficam armazenadas na memória e se transforma em conhecimento. Sempre que necessário estas informações podem ser recuperadas, capacitando o indivíduo na orientação de suas ações mentais e comportamentais (Coch e Ansari, 2009).

O professor organiza sua prática pedagógica de forma a estimular circuitos neurológicos adequados, atuando como agentes capazes de promoverem mudanças cerebrais que levam à aprendizagem dos alunos (Geniole e Camargo, 2018). Neste sentido, métodos adequados, como das artes visuais com uso de modelos didáticos, permitem que a realidade seja apresentada de forma esquematizada e sua manipulação ativa vias sensoriais, estimulando circuitos neurológicos voltados ao aprendizado. O uso racional dos modelos, inseridos no planejamento pedagógico do professor, possibilita que os conhecimentos sejam incorporados à estrutura cognitiva do aluno.

Fundamental neste processo é que as informações façam sentido para o aluno, motivando-o ao aprendizado e, a partir deste princípio, os modelos celulares foram desenvolvidos com base no que lhe é familiar, real, o seu corpo. Por fim, ressalta-se que, mesmo que os modelos didáticos de células eucarióticas de *H. sapiens* tenham sido desenvolvidos para a educação básica, ensino médio, o recurso pode ser utilizado no ensino fundamental, bem como no superior, pois o conteúdo de biologia celular se apresenta nos currículos dos diversos níveis de ensino e o aprofundamento teórico estará a cargo da proposta pedagógica do professor.

Referências

- Alberts, B.; Johnson, A.; Lewis, J.; Raff, M.; Roberts, K. e Walter, P. (2017). *Biologia Molecular da Célula*. 6. ed. Porto Alegre: Artmed.
- Amaral, S.R. e Costa, F.G. (2010). Estratégias para o ensino de ciências: Modelos tridimensionais – uma nova abordagem no ensino do conceito de célula. Artigo científico apresentado à Universidade Estadual do Norte do Paraná – UENP, para atender requisito parcial do Programa de Desenvolvimento Educacional – PDE. Disponível em: www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/pde/arquivos/1864-8.pdf. Acesso em 01 de dezembro de 2019.
- Angeloti, M. e Letcher, M. (2009). *Images as visual data in the world of English teaching and learning: A look at the effects of student produced art and interpretations*. In Pedersen, J.E. e Finson, K.D. (Eds.). *Visual data: Understanding and applying visual data to research in education*. Rotterdam, The Netherlands: Sense Publishers.

- Bastos, K.M. e Faria, J.C.N.M. (2011). Aplicação de modelos didáticos para abordagem da célula animal e vegetal, um estudo de caso. *Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer*, 7 (13):1867-1877.
- Bianconi, E.; Piovesan, A.; Facchin, F.; Beraudi, A.; Casadei, R.; Frabetti, F.; Vitale, L.; Pelleri, M.C.; Tassani, S.; Piva, F.; Perez-Amodio, S.; Strippoli, P. e Canaider, S. (2013). An estimation of the number of cells in the human body. *Annals Human Biology*, 40(6): 463-471.
- Brasil. Ministério da Educação. 2017. PNLD 2018: biologia – guia de livros didáticos – Ensino Médio/ Ministério da Educação – Secretária de Educação Básica – SEB – Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação. Brasília, DF: Ministério da Educação, Secretária de Educação Básica, 92 p.
- Carvalho H. F.; Collares-Buzato C. B. C. (2005). *Células: Uma abordagem multidisciplinar*. São Paulo: Manole.
- Castro, D.R.; Guerra, J.A.; Santos, K.B.; Santos, N.P. Santos, S.R.M. e Amorim, T. S. (2016). Os conhecimentos prévios sobre ser vivo/célula dos estudantes ingressos no curso de engenharia de pesca. *Revista Ensaio*, 18(3): 73-96.
- Chen, S.; Zhao, M.; Wu, G.; Yao, C. e Zhang, J. (2012). Recent Advances in Morphological Cell Image Analysis. *Computational and Mathematical Methods in Medicine*, Article ID 101536: 1-10.
- Clément, P. (2007). Introducing the cell concept by both animal plant cells: a historical and didactic approach. *Science & Education*, 16(3-5): 423-440.
- Coch, D. e Ansari, D. (2009). Thinking about mechanisms is crucial to connecting neuroscience and education. *Cortex*, 45(4): 546–547.
- Finson, K. e Pederson, J. (2011). What are Visual Data and What Utility do they have in Science Education? *Journal of Visual Literacy*, 30(1): 66–85.
- Geniole, D.C.M.S. e Camargo, E.A.O.C. (2018). Neuroeducação, dislexia e dificuldades de aprendizagem: princípios, implicações pedagógicas e curriculares. *Revista de Pós-Graduação Multidisciplinar*, 1(3): 143-152.
- Guimarães, E.G.; Castro, L.S.; Bautz, K.R. e Rocha, G.L. (2016). O uso de modelo didático como facilitador da aprendizagem significativa no ensino de biologia celular. *Univap*, 22(40): 1-5.
- Houaiss, A. e Villar, M.S. (2009). *Dicionário Houaiss de Língua Portuguesa*. Elaborado pelo Instituto Antônio Houaiss de Lexicografia e Banco de Dados da Língua Portuguesa S/C Ltda. Rio de Janeiro: Objetiva.
- Lima, R.F. (2010). Contribuição do Museu da Vida/ Fiocruz na aprendizagem do tema citologia: um estudo de caso com alunos do 9º ano do Ensino Fundamental. *TCC (Graduação) - Curso de Ciências Biológicas, Departamento de Departamento de Ensino de Ciências e Biologia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro*. Disponível em: <http://www.decb.uerj.br/arquivos/monografias/MONOGRAFIA%20licenciatura%20Rafaela%20PDF.pdf>. Acesso em 02 de dezembro de 2019.
- Lipsuch, G. e Lima, M.S. (2017). Sistema Nacional De Avaliação Da Educação Básica: Estudo Sobre A Avaliação Nacional Da Alfabetização. *Educere – Congresso Nacional de Educação*. 12813-12830. Disponível em: https://educere.bruc.com.br/arquivo/pdf2017/24006_12674.pdf. Acesso em 02 de dezembro de 2019.

- Matos, C.H.; Oliveira, C.R.P.; Santos, M.P.F. e Ferraz, C.S. (2009). Utilização de modelos didáticos no ensino de entomologia. *Revista de Biologia e Ciências da terra*, 9(1):19-23.
- MEC (2018). Sistema de avaliação da Educação Básica (Saeb). Brasília: MEC. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/component/tags/tag/31992>. Acesso em 02 de dezembro de 2019.
- Medeiros, K.C.R.M. e Rodrigues, F.M. (2012). Análise da eficiência do uso de um modelo didático para o ensino de citogenética. *Estudos*, 39 (3): 311-319.
- Nascimento, J.C. (2016). Citologia no ensino fundamental: dificuldades e possibilidades na produção de saberes docentes. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino na Educação Básica (PPGEEB) do Centro Universitário Norte do Espírito Santo da Universidade Federal do Espírito Santo. Disponível em: http://portais4.ufes.br/posgrad/teses/tese_9678_27%20-%20Jane%20Victal%20do%20Nascimento.pdf. Acesso em 02 de dezembro de 2019.
- Oliveira, A.C.M.; Braga, B.L.P.; Nascimento, M.M.B.; Cavalcante, C.C. e Sobreira, A.C.M. (2015). Modelos didáticos como recurso para o ensino de biologia: uma experiência didático-pedagógica com alunos do ensino médio de uma escola pública de Iguatu/CE. *Resumos de XII Congresso Nacional de Educação*. 24263-24274. Disponível em: https://educere.bruc.com.br/arquivo/pdf2015/17802_10070.pdf. Acesso em 02 de dezembro de 2019.
- Orlando, T.C.; Lima, A.R.; Silva, A.M.; Fuzissaki, C.N.; Ramos, C.L.; Machado, D.; Fernandes, F.F.; Lorenzi, J.C.C.; Lima, M.A.; Gardima, S.; Barbosa, V.C. e Tréz, T.A. (2009). Planejamento, montagem e aplicação de modelos didáticos para abordagem de Biologia Celular e Molecular no Ensino Médio por graduandos de Ciências Biológicas. *Revista de Ensino de Bioquímica*, 7(1): 1-17.
- Pincus, Z. e Theriot, J.A. (2007). Comparison of quantitative methods for cell-shape analysis. *Journal of Microscopy*, 227(2): 140-156.
- Sender, R.; Fuchs, S. e Milo, R. (2016). Revised Estimates for the Number of Human and Bacteria Cells in the Body. *PLoS Biology*, 4(8): e1002533.
- Silva, L.C.; Rocha, I.D.V.A.L.; Cicillini, G.A. A importância do ensino do corpo humano na educação infantil e séries iniciais. In: 4ª SEMANA DO SERVIDOR E 5ª SEMANA ACADÊMICA, 2008, Uberlândia. Anais... Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, 2008. p. 1-8.
- Silva, A.A.; Silva Filha, R.T. e Freitas, S.R.S. (2016). Utilização de modelo didático como metodologia complementar ao ensino da anatomia celular. *Biota Amazônia*, 6(3): 17-21.
- Soares Neto, J.J.; Jesus, G.R.; Karino, C.A. e Andrade, D.F. (2013). Uma escala para medir a infraestrutura escolar. *Estudos em Avaliação Educacional*, 24(54): 78-99.
- Teixeira, A.M. e Natali, M.R.M. (2010). O estudo da célula animal aplicada a uma feira do conhecimento: abordagem histórica - crítica. Disponível em: http://www.gestaoescolar.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/producoes_pde/artigo_angela_maria_teixeira.pdf. Acesso em 02 de dezembro de 2019.
- Vickaryous, M.K. e Hall, B.K. (2006). Human cell type diversity, evolution, development, and classification with special reference to cells derived from neural crest. *Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society*, 81(3): 425-455.