

“Mobile learning” e o ensino de biologia celular: como aplicativos abordam o conceito de célula a luz da teoria cognitiva da aprendizagem multimídia

Mobile learning and teaching cell biology: how applications approach the concept of cell in light of the cognitive theory of multimedia learning

El aprendizaje móvil y la enseñanza de la biología celular: cómo las aplicaciones abordan el concepto de célula a la luz de la teoría cognitiva del aprendizaje multimedia

Jefferson Matheus Alves do Amaral*, Ricardo Ferreira das Neves**

Resumo

Existem diversas áreas da ciência, cujos conceitos abordados são abstratos e complexos, necessitando de significativa versatilidade cognitiva do estudante para compreendê-los, como exemplo, a Biologia Celular. Algumas pesquisas têm apontado o uso de aplicativos em *Smartphones* como recurso na aprendizagem escolar “*Mobile Learning*”, mas é possível que na elaboração da proposta, que envolve as multimídias empregadas na tecnologia, possua elementos disformes ao conhecimento científico, havendo necessidade de parâmetros para análise, antes da sua aplicação em sala. A pesquisa teve por objetivo analisar aplicativos em tecnologia móvel que abordem o conceito de célula a partir da Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimídia (TCAM). A TCAM possui princípios multimídias apontando se os elementos presentes no material possuem desvios conceituais e imagéticos, e com isso oportuniza menores riscos da inserção de equívocos nos conteúdos. A abordagem qualitativa, de cunho descritivo, envolveu a análise de quatro aplicativos de dispositivos móveis, cujos resultados apontaram desvios multimídias, com maior presença em relação ao princípio de coerência, redundância e sinalização, havendo “troca” entre o que seria célula e estrutura celular além da falta de narração, configurando uma barreira significativa para a compreensão do conteúdo apresentado. Os aplicativos elaborados ao estudo da célula necessitam de maior atenção, quanto ao emprego de imagens e textos, pois quando não aplicados corretamente podem inferir obstáculos na compreensão do conteúdo.

Palavras-chave: Biologia Celular; Aplicativos Educacionais; TCAM; Multimídia; Ensino de Ciências.

Abstract

There are several areas of science whose concepts are abstract and complex, requiring significant cognitive versatility from students to understand them, such as Cellular Biology. Some research has highlighted the use of smartphone applications as a resource in “*Mobile Learning*” (*Mobile Learning*). However, it is possible that the proposals, which involve multimedia technology, contain elements that deviate from scientific knowledge, necessitating parameters for analysis before their application in the classroom. The research aimed to analyze mobile technology applications that address the concept of cells based on the Cognitive Theory of Multimedia Learning (TCAM). TCAM uses multimedia principles to identify whether the elements present in the material contain

* Mestre em Ensino das Ciências pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). Professor da Secretária de Educação do Estado de Pernambuco (SEE-PE). Bezerros, Pernambuco, Brasil. Endereço para correspondência: Av. Prof. Agamenon Magalhães, SN - Imaculada Conceição, Bezerros, Pernambuco, Brasil, 55660-000. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4748-0473>. Lattes: <http://lattes.cnpq.br/3045821377187606>.

E-mail: jefferson.aamaral@ufrpe.br.

** Doutor em Ensino das Ciências pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). Docente no Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas (UFPE/CAV), Vitória de Santo Antão, Pernambuco, Brasil. Endereço para correspondência: Universidade Federal de Pernambuco, Centro Acadêmico de Vitória, Rua Alto do Reservatório, S/N, Bela Vista, 55608-680 - Vitória de Santo Antão, Pernambuco, Brasil. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2500-2817>. Lattes: <http://lattes.cnpq.br/7874863774346301>.

E-mail: ricardo.fneves2@ufpe.br.



conceptual and imagery deviations, thus reducing the risk of misinterpreting the content. A qualitative, descriptive approach involved the analysis of four mobile device applications. The results revealed multimedia deviations, particularly regarding the principles of coherence, redundancy, and signaling. There was a "swap" between what would be a cell and cellular structure, as well as a lack of narration, posing a significant barrier to understanding the content presented. Applications designed for studying the cell require greater attention to the use of images and text, as, when not applied correctly, they can hinder understanding of the content.

Keywords: Cell Biology; Educational Apps; CTML; Multimedia; Science Education.

Resumen

Existen diversas áreas de la ciencia cuyos conceptos son abstractos y complejos, lo que requiere una gran versatilidad cognitiva por parte de los estudiantes para comprenderlos, como la Biología Celular. Algunas investigaciones han destacado el uso de aplicaciones para teléfonos inteligentes como recurso en el aprendizaje móvil. Sin embargo, es posible que las propuestas que involucran tecnología multimedia contengan elementos que se desvíen del conocimiento científico, lo que requiere parámetros de análisis antes de su aplicación en el aula. La investigación tuvo como objetivo analizar aplicaciones de tecnología móvil que abordan el concepto de célula, basándose en la Teoría Cognitiva del Aprendizaje Multimedia (TCAM). La TCAM utiliza principios multimedia para identificar si los elementos presentes en el material contienen desviaciones conceptuales e imaginarias, reduciendo así el riesgo de malinterpretación del contenido. Un enfoque cualitativo y descriptivo implicó el análisis de cuatro aplicaciones para dispositivos móviles. Los resultados revelaron desviaciones multimedia, especialmente en cuanto a los principios de coherencia, redundancia y señalización. Se observó una "permutación" entre lo que sería una célula y la estructura celular, así como una falta de narración, lo que representa una barrera significativa para la comprensión del contenido presentado. Las aplicaciones diseñadas para el estudio de la célula requieren una mayor atención al uso de imágenes y texto, ya que, cuando no se aplican correctamente, pueden dificultar la comprensión del contenido.

Palabras clave: Biología Celular; Aplicaciones Educativas; TCAM; Multimedia; Enseñanza de Ciencias.

Introdução

Os progressos tecnológicos alteraram de maneira expressiva a vida em sociedade, de forma que atividades simples realizadas em casa, no ambiente de trabalho ou na escola passaram a ser influenciadas pela tecnologia (Oliveira; Melo; Sousa, 2016). A inserção da tecnologia digital passou a suprir algumas demandas humanas, a fim de otimizar o tempo gasto na execução de atividades profissionais ou pessoais, oferecendo novas alternativas para melhorar a qualidade de vida nas atividades cotidianas. Nesse cenário, surgem as Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC), ampliando os espaços sociais e influenciando diretamente o ambiente escolar, disponibilizando ao docente novos instrumentos pedagógicos (Araujo *et al.*, 2017).

Durante anos, o ensino esteve centrado em aulas baseadas em palavras, com anotações no quadro e explicações orais, caracterizando uma abordagem tradicional e essencialmente teórica (Libâneo, 2017). Contudo, com as novas demandas sociais e os avanços tecnológicos, a ministração das aulas passou a incorporar arranjos que visam potencializar a aprendizagem. Dessa forma, recursos como retroprojetores e datashows passaram a ser utilizados pelos docentes na abordagem dos conteúdos, promovendo maior dinamismo por meio do uso de

imagens e esquemas, em comparação com o uso exclusivo do quadro branco (Souza *et al.*, 2017).

As TIC estão inseridas no contexto educacional, possibilitando o uso da tecnologia móvel (tablet e smartphone), cujos recursos auxiliam em diversas aplicações na sala de aula, tornando o processo de ensino-aprendizagem mais dinâmico e enriquecendo a metodologia pedagógica (Barros, 2017).

Dessa maneira, as TIC podem colaborar para “uma reestruturação do currículo e novas definições das pedagogias do ensino, se empregadas adequadamente por meio de estratégias, podendo representar um significativo potencial de transformação da educação” (Oliveira, 2013, p. 15). Sob essa perspectiva, elas podem se configurar como uma ferramenta didática eficaz para o professor, representando um recurso inovador nas metodologias de ensino e um incentivo ao desenvolvimento de habilidades, anteriormente pouco trabalhadas pelos estudantes (Hartmann *et al.*, 2017).

No âmbito das Ciências da Natureza, a Biologia apresenta desafios em alguns de seus conteúdos, principalmente, os de natureza abstrata, nos quais o estudante precisa mobilizar cognitivamente determinadas estruturas ou processos biológicos. As TIC surgem como uma alternativa de suporte para minimizar essa abstração (Silva *et al.*, 2023). Nesse contexto, uma subárea é a Biologia Celular, a qual envolve estudos microscópicos e moleculares, exigindo alta capacidade cognitiva por parte do aluno (Silva Filha, Neves, 2024). No entanto, o uso de determinadas TIC têm auxiliado na redução da abstração e promovido melhorias no processo de ensino-aprendizagem, contribuindo, assim, para a construção do conhecimento (Carvalho; Guimarães, 2016).

Nessa perspectiva, um aspecto relevante a ser ressaltado é que o ensino da Biologia Celular tem sido influenciado pelas mudanças decorrentes do avanço das TIC, exigindo que os professores se adaptem a essa nova realidade (Silva; Prates; Ribeiro, 2016;), com o intuito de proporcionar uma aprendizagem mais significativa. Nesse contexto, o uso de dispositivos móveis em sala de aula desponta como uma alternativa eficiente para abordar conceitos abstratos e complexos, como o ciclo celular e a divisão celular (Hartmann *et al.*, 2017).

Ademais, a implementação dessas ferramentas tecnológicas no ensino pode fortalecer a relação entre os estudantes e o aprendizado, uma vez que os dispositivos móveis fazem parte de seu cotidiano e favorecem a interação entre os jovens (Barros, 2017; Santos; Freitas, 2017).

A incorporação desses dispositivos na prática docente, possibilita realizarmos download de aplicativos gratuitos e, podendo promover aulas mais dinâmicas e interativas na abordagem de conteúdos.

No entanto, é essencial considerar as normas legais em vigor, como a Lei nº 15.507, de 21 de maio de 2015, que determina, em seu inciso primeiro, a “proibição do seu uso nas salas de aula, exceto com prévia autorização para aplicações pedagógicas” (Pernambuco, 2015, p. 1). Como também a Lei nº 15.100/2025, que proíbe o uso de celulares e outros aparelhos eletrônicos portáteis em escolas de educação básica, durante as aulas, recreios e intervalos. Permitindo o uso pedagógico dos aparelhos, desde que autorizado pelo professor, e estabelece exceções para alunos com deficiência ou necessidades especiais (Brasil, 2025). Dessa forma, cabe ao docente assegurar o cumprimento dessas regulamentações, garantindo que os dispositivos sejam utilizados exclusivamente para propósitos educacionais.

Atualmente, é inegável que vivemos em uma era digital, cujas influências são cada vez mais presentes nos ambientes escolares (Bezerra; Souza Junior; Lima, 2025), o que exige que as Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) permeiem esses espaços, estabelecendo ao docente, mediar a construção do conhecimento do estudante. Diante disso, Souza *et al.* (2017, p. 925) destacam que “O uso das tecnologias na área da educação pode exercer um papel importante na relação ensino-aprendizagem.” Uma dessas formas manifesta-se por meio das TIC aplicadas aos dispositivos móveis, cuja facilidade de manuseio os torna ferramentas a serem exploradas (Hartmann *et al.*, 2017).

Essa tecnologia móvel, segundo a Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura, “são digitais, facilmente portáteis [...] com capacidade de acesso à internet e aspectos multimídia, e podem facilitar um grande número de tarefas [...] relacionadas à comunicação” (Unesco, 2013, p. 8). Esses dispositivos compõem o chamado “*Mobile Learning*” ou “*m-learning*”, uma nova modalidade de TIC voltada ao uso de tecnologias móveis na educação (Barros, 2017).

Dessa forma, os dispositivos móveis invadem a sala de aula e outros espaços escolares, uma vez que integram múltiplas mídias em sua organização. Sendo plataformas gratuitas para o desenvolvimento de softwares, empresas e até usuários independentes investem na criação de aplicativos (*Apps*) voltados a facilitar atividades cotidianas e o processo de aprendizagem (Bezerra; Souza Junior; Lima, 2025).

Os *Apps* permitem a instalação rápida de programas com finalidades específicas para uso em sala de aula (Hartmann *et al.*, 2017). Muitos deles foram desenvolvidos especialmente para o ensino de Ciências Biológicas, que vão desde revisões de conteúdo até jogos (Oliveira *et al.*, 2021). Destacam-se entre eles o “*Virtual Cell*”, “*BioNinja IB*”, “*BioInteractive HHMI*”, “*Cell Defender*”, “*Evolutionary Biology*”, “*Meiosis*”, “*Gene Screen*”, “*Cell and Cell Structure*”, “*Biology and Human Body Anatomy*”, “*Rat Dissection*” e Biologia: Morfologia Vegetal, reconhecidos pelo detalhamento das informações que apresentam (Oliveira *et al.*, 2021), inclusive sobre Biologia Celular.

Esse recurso é apontado pelas Orientações Curriculares para o Ensino Médio (OCEM) como uma ferramenta que estimula o aluno a desenvolver sua [...] capacidade de comunicação e expressão, mostrando-lhes uma nova maneira, lúdica, prazerosa e participativa de se relacionar com o conteúdo escolar, levando a uma maior apropriação dos conhecimentos envolvidos (Brasil, 2006, p. 28).

O enlace entre os *Apps* e o Livro Didático ampliam as possibilidades do professor em sala de aula para sanar dúvidas relacionadas à abstração dos conceitos (Sousa; Barrio, 2017).

Nesse sentido, é importante destacar que muitos dos *Apps* utilizam imagens associadas ao texto escrito para favorecer a compreensão dos conteúdos. Contudo, o uso combinado de imagens e palavras não garante, por si só, a aprendizagem (Mayer, 2024). Cabe ao professor destacar as informações relevantes contidas nessas representações, pois elas podem retratar fenômenos ou circunstâncias mais próximas da realidade (Souza *et al.*, 2017; Sousa; Barrio, 2017). Assim, é necessário adotar procedimentos que orientem uma escolha coerente desses recursos, favorecendo a aprendizagem dos estudantes.

Diante desse panorama, um dos principais desafios dos educadores na atualidade é integrar esses recursos tecnológicos à sua prática pedagógica, incentivando uma reflexão sobre a necessidade de superar um ensino predominantemente teórico de Biologia (Unesco, 2013; Moreira; Caldas, 2025).

Contudo, apesar do elevado potencial educacional das TIC, é imprescindível cautela ao utilizar aplicativos em dispositivos móveis, uma vez que podem conter incoerências conceituais que levem os alunos a uma compreensão equivocada. Assim, é fundamental que o docente, antes de empregar essa tecnologia, adote critérios de avaliação imagética que contribuam para um ensino e aprendizagem eficazes na Educação Básica.

Portanto, buscou-se analisar como as imagens inseridas nos softwares de aplicativos em tecnologia móvel abordam o conceito de célula. Para isso, empregamos a Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimídia, proposta por Mayer (2024), que realiza análises visuais com o objetivo de compreender o funcionamento desses aplicativos.

Metodologia

Este estudo é de uma abordagem qualitativa de cunho descritivo, cuja pesquisa envolve a análise de quatro aplicativos de dispositivos móveis do sistema operacional Android da Empresa Google e do iOS (*iPhone operating system*) da Empresa Apple. Presente na loja virtual *Play Store* e *Apple Store* voltados ao estudo das células.

Estes foram selecionados por meio da própria plataforma de acesso no Smartphone na *Play Store* com os descritores: biologia celular, células, citologia. Levando em consideração a classificação dos usuários. Os critérios para escolhas dos Apps foram o maior número de *download* na loja virtual, a disponibilidade do desenvolvedor por ser gratuito (no sistema Android), a complexidade do *software* e uso no modo *offline*, ou seja, sem a necessidade de internet para acessar os conteúdos.

No quadro 1 a seguir, temos a descrição dos Apps relacionados a Biologia Celular captados no dispositivo móvel na loja virtual.

Quadro 1 - Descrição dos aplicativos analisados

Aplicativo	Características gerais	Layout
ICELL	HudsonAlpha Institute for Biotechnology. Versão 3.6.1. Aplicativo todo em inglês. 5.000 downloads. Classificação dos usuários de 4,2 (106 avaliações). Tamanho: 28 Megabyte.	Formado por quatro interfaces gráficas em 3D com ilustrações da estrutura celular de Bactéria, Célula animal e vegetal.
The Cell	Eduardo Galembeck. Versão 1.1.2. Aplicativo todo em Inglês. 10.000 downloads. Classificação dos usuários de 4,2 (230 avaliações). Tamanho: 56 Megabyte.	Formado por catorze interfaces gráficas em 3D com ilustrações e legenda da estrutura celular da célula animal.
Cell World	V.I.E.W. Versão 1.0. Aplicativo todo em inglês. 100.000 downloads. Classificação dos usuários em 4,6 (5.028 mil avaliações). Tamanho: 26 Megabyte.	Formado por doze interfaces gráficas em 3D com ilustrações e legenda da estrutura celular da célula animal.
Células	Evobooks. Versão 2.91. Aplicativo todo em português 100.000 downloads. Classificação dos usuários de 4,6 (805 avaliações). Tamanho: 31 Megabyte.	Formado por cinquenta e seis interfaces gráficas em 3D com ilustrações e legenda da estrutura celular da Bactéria, Célula animal e vegetal.

Fonte: Google Play (2024).

A partir destes quatro aplicativos, suas imagens e palavras foram submetidas à análise, por meio dos princípios da coerência, sinalização, redundância, contiguidade temporal, multimídia e modalidade propostos pela TCAM. Empregando o modelo usado por Silva *et al.* (2022), que rotulam como satisfatório ou insatisfatório para o processo de ensino aprendizagem (Quadro 2).

Quadro 2 – Cargas e Princípios adotados para a análise dos Apps.

Tipo de Carga	Princípios	Critérios
Redução do Processamento Estranho ¹	Coerência	Insatisfatório quando existir materiais estranhos (palavras, imagens e sons) ao cognitivo do sujeito.
	Sinalização	Insatisfatório quando não são adicionados sinais que destacam a organização do material.
	Redundância	Insatisfatório quando não existir animação e narração; e sim animação, narração e texto escrito.
	Contiguidade Temporal	Insatisfatório quando as palavras e as imagens não forem apresentadas simultaneamente.
Promoção de Processamento Generativo ²	Multimídia	Insatisfatório quando tiver apenas palavras, do que palavras e imagens.
Gerenciamento de Processamento Essencial ³	Modalidade	Insatisfatório quando tiver apenas texto escrito e animação do que animação e narração.

Fonte: Silva (2022, p. 21).

Na sequência, passou-se a análise de imagens, palavras e conceitos nos *Apps* vendo sua abordagem ao conceito de célula e sua eficácia no processo de ensino-aprendizagem na Biologia Celular.

Resultados e discussão

Inicialmente, é importante destacar que algumas imagens apresentadas ao longo do texto representam nossa interpretação do material disponibilizado nos aplicativos (*Apps*), com o objetivo de promover uma maior aproximação com o objeto de estudo e possibilitar ao leitor uma compreensão mais clara do conteúdo.

Contudo, nem todos os desvios percebidos nos princípios analisados puderam ser representados por meio de imagens, pois envolvem características de natureza abstrata, como sons e palavras, que não podem ser concretizadas imagetivamente, sendo portanto, apenas descritas.

¹ Redução de informações irrelevantes que possam vir a comprometer a aprendizagem do educando.

² Uso de artifícios que venham a simplificar o conteúdo, interferindo positivamente na aprendizagem.

³ Forma de organização no qual venha a facilitar a aprendizagem.

Por fim, utilizamos como critério de avaliação (satisfatório ou insatisfatório) a conformidade dos princípios multimodais nos Apps com a proposta da Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimídia (TCAM). Assim, foram classificados como insatisfatórios os princípios que apresentaram desvios em relação à teoria. A seguir, apresentamos as análises organizacionais dos Apps e, posteriormente, as análises multimodais com base na TCAM.

Organização dos aplicativos

O aplicativo **iCell** apresenta animações em 3D acompanhadas de textos explicativos sobre as organelas citoplasmáticas. Ele está estruturado de acordo com o tipo celular — animal, vegetal ou bacteriano — e organiza as descrições das organelas em três níveis de complexidade: básico, intermediário e avançado.

O aplicativo **The Cell** requer um cadastro prévio para acesso, embora o processo seja simples. Além das explicações sobre as organelas citoplasmáticas, o App também apresenta perguntas relacionadas ao conteúdo, incluindo um quiz denominado “Game”. Destaca-se ainda a possibilidade de realizar cortes transversais em algumas organelas, o que facilita a visualização de suas estruturas internas.

O aplicativo **Cell World** foca na célula animal, apresentando informações detalhadas de suas estruturas com cores vivas e chamativas. Essa característica torna cada organela visualmente única e atrativa aos estudantes durante a observação.

O aplicativo **Células**, também apresenta informações sobre os três principais tipos celulares: bacteriano, vegetal e animal. Possui um menu (*layout*) interativo, funcional e de fácil navegação para o usuário. É possível, por exemplo, ajustar o tamanho da fonte dos textos, utilizar notas, realizar cortes nas estruturas celulares e fazer marcações na animação principal.

Com essas especificações, os aplicativos foram submetidos à análise com base nos princípios da Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimídia (TCAM).

Princípio da Coerência

O Princípio da Coerência traz consigo o cuidado de se abordar de forma clara e objetiva os conteúdos, evitando o uso de informações que são desnecessárias (Mayer, 2024).

Considerando isso, o **iCELL** apresenta textos para cada organela presente, com linguagem simples, porém existem alguns tópicos, como na descrição do nível avançado, uma

gama excessiva de palavras com conceitos complexos, que não são exploradas no texto o seu real significado. Como “DNA genômico”, “reações oxidativas” e “ATP utilizável” (tradução nossa), por exemplo.

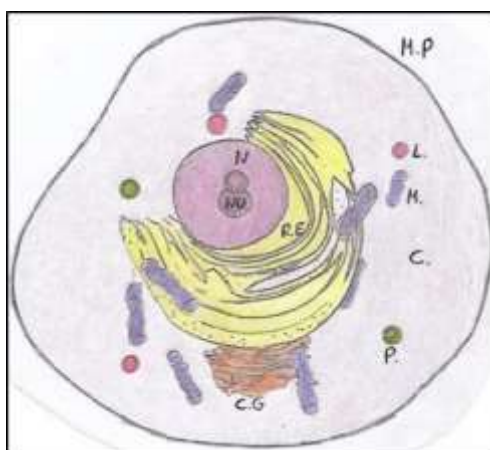
Em nível básico, existem equívocos conceituais no qual se descreveu que o cloroplasto “converte a energia do sol em açúcar” (tradução nossa), observado na descrição do nível básico. Sobre isso, essa afirmação contradiz a função principal do cloroplasto, que é a conversão da energia provinda do sol em ligações químicas, para assim formar por base moléculas de dióxido de carbono em moléculas de açúcar (Alberts *et al.*, 2017).

Isso é preocupante, pois o sujeito ao realizar apenas uma simples leitura, sem fazer uma pesquisa mais específica pode entender equivocadamente que o cloroplasto promove um produto para a célula vegetal. Considerando o nível intermediário e avançado, observamos com maior ênfase textual, o processo bioquímico de maneira correta e sem equívocos.

Vale ressaltar que o aplicativo, ao se utilizar de imagens da célula para representar certos comentários, o autor fazia menção de uma estrutura celular e não da célula especificamente. Essas incoerências já são pontuadas por Neves, Carneiro-Leão, Ferreira (2016), discorrendo que existem equívocos de muitos profissionais; confundido a célula com sua estrutura celular, evidenciada também em Livros Didáticos.

A seguir, será apresentado um esboço ilustrativo, que não se refere a imagem original, mas apenas um vislumbre do que seria o real, visando melhor entendimento da discussão relatada anteriormente (figura 1).

Figura 1 - Ilustração de uma célula animal no Aplicativo The Cell



Fonte: Elaborada pelos autores, a partir da apresentação no app. Ilustração com tamanho não real e cores fantasias. Legenda: C – Citoplasma; CG – Complexo de Golgi; L – Lisossomos; M – Mitocôndria; M.P – Membrana Plasmática; N – Núcleo; NU – Nucléolo; P – Peroxisomos; RE – Reticulo Endoplasmático.

Como demonstrado anteriormente, a ilustração apresentou desvio no Princípio da Coerência, pois a proposta imagética representava uma estrutura celular de uma célula eucarionte animal e não uma célula propriamente dita (espermatozoide, óvulo, neurônio, etc.), sendo assim insatisfatório.

No *The Cell*, ele possui uma linguagem bem aprofundada dos conteúdos, com termos específicos: “ribossomos encapsulados”, “açúcares fosforilados” e “nesprina” (tradução nossa). Também, apresentou como no aplicativo anterior, equívocos conceituais, principalmente, quando apresentava a estrutura celular no lugar da célula, conforme a figura 2, a seguir.

Figura 2 - Ilustração de uma célula animal no Aplicativo The Cell



Fonte: Elaborada pelos autores, a partir da apresentação no app. Figura com tamanho não real e cores fantasias.
Legenda: CITO – Citoplasma; C.G – Complexo de Golgi; C.L – Cloroplasto; L- Lisossomos; P – Peroxissomos; M.P – Membrana celular; M – Mitocôndria; N – Núcleo; R.E – Reticulo Endoplasmático.

Em outro ponto, observamos que o *The Cell* apresentou, de forma conjunta, os conceitos de mitocôndria e cloroplasto, descrevendo apenas a primeira e sugerindo, de forma implícita, que ambas teriam a mesma funcionalidade celular, variando apenas quanto ao tipo celular (animal ou vegetal) em que estariam presentes. Além disso, a animação exibida continha ambas as organelas, mas sem a representação da parede celular e/ou de outras estruturas características, o que poderia indicar uma célula vegetal. No entanto, a imagem também incluía centríolos, o que remete a uma célula animal, embora houvesse cloroplastos — organelas exclusivas de células vegetais no caso dos eucariontes.

Assim, constatou-se que essas ilustrações no aplicativo trazem diversas confusões conceituais, apresentando ideias incoerentes com o conhecimento científico, com informações pouco claras e equívocos relevantes quanto à diferenciação entre os tipos celulares. Dessa forma, o *The Cell* foi classificado como insatisfatório em relação ao Princípio da Coerência.

O *Cell World* apresentou textos com linguagem bastante fluida. Contudo, em sua introdução, há divergência entre o texto e a animação. A descrição afirma que “Este é um modelo de célula eucariótica encontrada em humanos, animais, plantas e fungos” (tradução nossa). No entanto, o modelo apresentado possui apenas características de uma célula animal, o que pode gerar uma significativa lacuna de entendimento por parte do usuário, levando-o a crer que células vegetais e fúngicas teriam o mesmo formato — ou seja, sem cloroplastos, parede celular ou vacúolos, e com a presença de centríolos (Alberts *et al.*, 2017; Lodish *et al.*, 2014). O ideal seria que o texto especificasse que a semelhança entre essas células reside na presença do núcleo, característica comum às células eucarióticas — o que não foi feito, resultando em uma incoerência conceitual no conteúdo apresentado ao leitor.

A seguir na figura 3, apresenta-se um esboço dessa ideia equivocada, ou seja, uma imagem que detalha características de uma célula animal, em contradição com a descrição textual que menciona células vegetais e fúngicas. Além disso, assim como observado em outros aplicativos, o *Cell World* também apresenta uma única estrutura celular como representação de “uma célula”, desconsiderando a diversidade estrutural existente entre os diferentes tipos celulares.

Figura 3 - Ilustração de uma célula animal no Aplicativo Cell World



Fonte: Elaborada pelos autores, a partir da apresentação no app (2024). Figura com tamanho não real e cores fantasias. Legenda: CE – Centríolo; CR – Cromossomos; R.E.G – Reticulo Endoplasmático Rugoso; R.E.L – Reticulo Endoplasmático Liso; V – Vesícula.

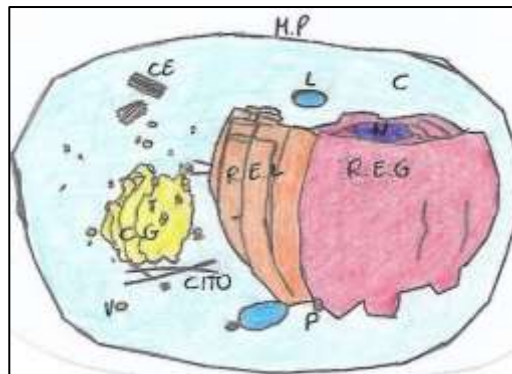
Se observou na imagem anterior, que é uma estrutura característica de célula animal, mas a proposta no *App*, era unificar na ilustração, um exemplo de células (animal, vegetal e fúngica), mas isso não seria possível, visto que cada uma possui estruturas diferentes da outra. Jesus Neto e Silva (2018) apontam a necessidade de do olhar sobre as redes de significados,

quando do uso de imagens como recurso explicativo escolar, evitando incoerências conceituais, pois a má inserção pode significar obstáculos na aprendizagem.

Outro ponto foi o uso de conceitos de difícil assimilação, sem sua explicação posteriormente no texto, como “parede celular”, “adenosina trifosfato” e “tags” (tradução nossa), que foram lançadas e podem trazer dificuldades na compreensão. Por tais motivos, o classificamos como insatisfatório para o Princípio da Coerência.

O *app* Células apresenta textos com linguagem bem simples, trazendo os conceitos mais rebuscados a sua explicação posteriormente. Outro fato é, que além de apresentar as organelas, descreve também processos que elas realizam, com explicação em tópicos abordados na próxima janela.

Figura 4 - Ilustração de uma célula animal no Aplicativo Células



Fonte: Elaborada pelos autores, a partir da apresentação no app (2024). Ilustração com tamanho não real e cores fantasias.

Também como nos aplicativos anteriores, apresenta o equívoco de chamar de célula, mas seria a estrutura celular como apresentada na figura 4. Percebe-se apenas essa inferência, sendo insatisfatório.

Princípio da Sinalização

O Princípio da Sinalização, de acordo com Mayer (2024), aponta que os sujeitos aprendem melhor quando as informações mais relevantes do conteúdo são destacadas na organização do material. Esse princípio é fundamental para que o indivíduo compreenda melhor a sequência apresentada, especialmente na relação texto/imagem, por meio de elementos como setas direcionais, variações de tamanho ou coloração das estruturas — sejam elas realistas ou estilizadas — a fim de não confundir o leitor durante a leitura.

Nesse sentido, o *app iCell* foi classificado como insatisfatório quanto ao Princípio da Sinalização, pois durante a apresentação do conteúdo, não foram observadas as estratégias indicadas por Mayer (2024). É importante destacar que, ao longo da navegação, o usuário apenas clica na organela citoplasmática desejada para que ocorra um zoom na imagem e surja uma faixa com o nome da organela. No entanto, ao mover a tela, essa faixa pode desaparecer ou se sobrepor a outras organelas. Isso pode gerar confusão no entendimento da estrutura celular (Silva *et al.*, 2022)

O *app The Cell*, por sua vez, também se mostrou insatisfatório nesse critério, pois apenas oferece um zoom sobre a organela selecionada, sem apresentar outros recursos de sinalização. Isso pode levar à confusão entre lisossomos e peroxissomos, bem como entre o retículo endoplasmático rugoso e o liso, já que possuem a mesma coloração e formas bastante similares, conforme a representação proposta pelos idealizadores.

É importante observar que é comum os desenvolvedores atribuírem cores e formas às estruturas celulares com base em suas próprias percepções. Essa subjetividade pode interferir no entendimento do conteúdo, dificultando a aprendizagem e promovendo incoerências conceituais, como alertam Silva Filha e Neves (2024)

O *Cell World*, por outro lado, apresenta destaque nas palavras de maior relevância por meio de colorações específicas, o que facilita a compreensão dos conceitos e a identificação das organelas. Assim, foi classificado como satisfatório. Vale ressaltar a preocupação dos idealizadores em proporcionar uma oscilação de brilho ao se realizar o zoom sobre determinada organela, o que contribui ainda mais para sua identificação visual.

O *app Células* também foi classificado como satisfatório. Observou-se um cuidado por parte dos idealizadores na identificação das palavras com cores específicas, associando-as às organelas citoplasmáticas correspondentes na animação. Além disso, ao interagir com a animação, o nome da organela aparece, oferecendo ainda a opção de realizar cortes em sua estrutura, o que é extremamente útil para a percepção das partes internas, favorecendo o aprendizado do sujeito.

Princípio da Redundância

O Princípio da Redundância afirma que os estudantes aprendem melhor quando são apresentadas narrações e imagens, em vez de narração, imagem e texto escrito (Mayer, 2024).

Nesse sentido, o *App iCell* foi classificado como insatisfatório, pois apresentava apenas imagens e texto, sem a presença de narração.

O *App The Cell* também se mostrou insatisfatório, de acordo com a TCAM, por não incluir narração juntamente com a animação. Por outro lado, o *Cell World* foi considerado insatisfatório por apresentar imagens e texto junto à narração, quando, segundo Mayer (2024), o ideal seria considerar apenas a narração e a animação. A presença do texto escrito direciona o sujeito à leitura, o que pode sobrecarregar sua estrutura cognitiva, enquanto a narração, por sua vez, facilita a compreensão do conteúdo de forma auditiva.

Por fim, o *app Células* também foi classificado como insatisfatório, pois, apesar de apresentar texto, narração e animação, não segue a proposta de Mayer (2024), que sugere a utilização apenas da narração e animação.

Princípio da Contiguidade Temporal

Segundo o Princípio da Contiguidade Temporal, Mayer (2024) afirma que a aprendizagem ocorre de forma mais eficaz quando há simultaneidade entre palavras e imagens durante a animação.

Esse princípio foi classificado como satisfatório no *app iCell*, pois as palavras apresentadas aparecem junto à organela citoplasmática. Ao clicar na estrutura celular, a palavra surge simultaneamente, não havendo descompasso entre o texto e a ilustração. Em relação ao *The Cell*, o resultado foi insatisfatório, pois ao se acessar os textos, a animação da célula é retirada, permanecendo apenas o material escrito. Dessa forma, não há simultaneidade entre palavras escritas e imagens durante a animação.

O *Cell World* foi considerado satisfatório, pois apresenta apenas a narração e, quando a palavra aparece na tela, não há atrasos. No entanto, a troca do texto para outra organela ocorre apenas quando se alcança a imagem correspondente. Por fim, o *app Células* também foi classificado como satisfatório, uma vez que não há desencontro entre as palavras e as organelas; isso ocorre no momento em que se acessa a imagem desejada.

Princípio da Multimídia

O Princípio da Multimídia assegura que os alunos aprendem melhor quando se apresenta imagens com palavras, do que somente palavras (Mayer, 2024).

O *app ICELL* oferece durante toda a animação que ao tocar a organela desejada, se projeta abaixo um texto descritivo da organela, não se retirando a animação. Assim, houve a apresentação da imagem junto com as palavras (descrição da organela), classificando-o como satisfatório.

O *app The Cell* apresentou textos para relacionar as imagens propostas, o que consideramos um desvio multimídia, pois feriu o que propõe a TCAM, sendo então, insatisfatório. Pelo fato de que a imagem deve vir acompanhada da palavra para melhor descrição do conteúdo, sem uso de texto escrito.

Diante disso, é importante destacar os confrontos imagéticos presentes no *app The Cell*, pois a animação proposta era em 3D, mas havia momentos de inserção de imagens em 2D. Assim, o sujeito ao tocar na organela é direcionado para outro slide, com a exibição de texto escrito junto à organela e outras imagens, que foram captadas de Livros Didáticos e artigos científicos (2D), desconfigurando a apresentação, e pode causar possíveis conflitos na aprendizagem do sujeito. Assim, é necessário que os idealizadores procurem permanecer na proposta da animação e havendo mudança nos slides que tenha uma sistematização de ideias e explicação coerente ao leitor.

O *app Cell World* proporciona a animação conjunto com palavras em cada organela, ao lado esquerdo, sendo opcionais na tela, sendo a narração automática, com opção de parar a narração quando desejar. Assim, no Princípio da Multimídia foi considerado satisfatório.

O *app Células* proporcionou animação junto com as palavras descritivas em cada organela. Classificando-o como satisfatório, de acordo com a TCAM.

Princípio da Modalidade

Mayer (2024) descreve que a aprendizagem ocorre melhor quando se apresenta narração juntos com as animações, do que textos escritos com as animações. Logo, neste princípio o *ICELL*, o *The Cell* e o *Células* foram classificados como insatisfatórios por apresentarem textos com animação, pois Mayer (2024), considera a exclusão de texto escrito no material proposto, mas ênfase na animação e na narração, visto que se aprende melhor pela visão e audição. Apenas o *Cell World* se classificou como satisfatório por apresentar narração junto com a animação, proposto por Mayer (2024).

O quadro 3 a seguir, traz um resumo das classificações dadas de acordo com a TCAM, com todos os princípios analisados dos quatro aplicativos sobre a Biologia Celular.

Quadro 3 – Desvios Multimídia de acordo com a TCAM dos Apps.

Princípios	Aplicativos							
	ICELL		The Cell		Cell World		Células	
	S	IS	S	IS	S	IS	S	IS
Coerência		X		X		X		X
Sinalização		X		X	X		X	
Redundância		X		X		X		X
Contiguidade Temporal	X			X	X		X	
Multimídia	X			X	X		X	
Modalidade		X		X	X			X

Fonte: Os autores. Legenda: S- satisfatório IS- insatisfatório.

Assim, observamos a partir do quadro acima, que todos os *Apps* apresentaram desvios quanto ao *Princípio de Coerência*, com ênfase na “troca” entre célula e estrutura celular, sendo o *app The Cell* em todos os princípios analisados.

No *Princípio da Modalidade* apenas o *App Cell World* se mostrou satisfatório. Observamos que havia uma tentativa de abranger muitos detalhes, que por uma só animação não promovia, deixando o usuário confuso pela quantidade de termos específicos e consequentemente, diminuindo a sua aprendizagem.

No *Princípio da Sinalização*, apenas dois foram satisfatórios (*Cell World* e *Células*), pois mostraram preocupação dos idealizadores em guiar o foco do usuário a cada parte do aplicativo. Os Princípios da Contiguidade Temporal e Multimídia se mostram eficazes em quase todos, pelo uso de processadores que não promovem atrasos.

No *Princípio da Redundância*, nenhum ficou como satisfatório, pelo fato de três dos *Apps* não terem narração, havendo o quarto por apresentar narração, mas conjuntamente (texto, narração e imagem), desconfigurando a proposta da TCAM, com narração e imagem, sem texto escrito durante a exibição do material (estruturas e processos).

Conclusão

De maneira geral, os quatro aplicativos analisados, voltados ao estudo das células, apresentaram desvios em relação aos princípios da Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimídia (TCAM), sendo os princípios da coerência, redundância e sinalização os mais evidentes durante a análise.

Atualmente, os dispositivos móveis representam uma das principais ferramentas implementadas em sala de aula, e seu uso deve ser o mais eficiente possível. Assim, a introdução de terminologias novas ou complexas, associada a textos que não descrevem adequadamente as animações apresentadas, pode gerar compreensões equivocadas sobre o conteúdo abordado.

Esse cenário nos leva a refletir sobre os atributos da tecnologia como ferramenta educacional, pois quando utilizada de forma inadequada, pode favorecer equívocos conceituais. A identificação desses problemas é essencial para o desenvolvimento de softwares educacionais, já que a ausência de uma análise criteriosa por parte dos professores pode intensificar barreiras conceituais e provocar uma interpretação distorcida dos conteúdos.

Portanto, conclui-se que os aplicativos voltados ao estudo da Biologia Celular exigem maior atenção quanto à inserção de textos, à escolha das palavras e ao uso de recursos como narração e imagens, com o objetivo de minimizar as dificuldades de aprendizagem dos estudantes.

Referências

ALBERTS, B. et al. **Biologia Molecular da Célula**. 3. ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 2017.

ARAUJO, S. P; et al. Tecnologia na Educação: Contexto Histórico, Papel e Diversidade. In: Jornada De Didática, 4. 2017, Londrina. **Anais [...]** Londrina: Universidade Estadual de Londrina, p. 920-928. 2017.

BEZERRA, F. I. A.; SOUZA JUNIOR, A.; LIMA, R. P. Integração de tecnologias digitais no ensino de ciências da natureza: uma revisão bibliográfica sobre os desafios e oportunidades na formação de professores. **Revista Ensino em Debate (REDE)**, Fortaleza/CE, v. 5, 2025.

BARROS, M. A. M. Aprendizagem Móvel no Ensino de Ciências: o que pensam nossos alunos sobre essa nova modalidade de formação? **Enseñanza de Las Ciencias**, V. único, p. 5165-5170, 2017.

BRASIL. Ministério da Educação. **Orientações Curriculares para o Ensino Médio: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília: MEC, 2006.

BRASIL. **Lei nº 15.100**, de 13 de janeiro de 2025. Dispõe sobre a utilização, por estudantes, de aparelhos eletrônicos portáteis pessoais nos estabelecimentos públicos e privados de ensino da educação básica. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 13 jan. 2025.

PERNAMBUCO. **Lei nº 15.507**, de 21 de maio de 2015. Regulamenta a utilização de aparelhos celulares e equipamentos eletrônicos nas salas de aulas, bibliotecas e outros espaços de estudos das instituições de ensino públicas e particulares localizadas no Estado de Pernambuco, e dá outras providências. Recife: Secretaria de Educação, 2015.

CARVALHO, L. J.; GUIMARÃES P. R. P. Tecnologia: Um Recurso Facilitador do Ensino de Ciências e Biologia. In: Encontro Internacional de Formação de Professores, 9., 2016, Sergipe. **Anais [...]** Sergipe: Grupo Tiradentes, 2016.

HARTMANN, A. C. et al. Possibilidades Didáticas para o uso de Aplicativos Móveis no Ensino De Biologia Celular Na Educação Básica. In: Congresso Internacional de Educação Científica e Tecnologia, 4., 2017, Santo Ângelo. **Anais [...]** Santo Ângelo: Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, 2017. p. 01-10.

LIBÂNEO, J; C. **Didática**. 1. ed. São Paulo: Editora Cortez, 2017.

LODISH, H. et al. **Biologia celular e molecular**. 7. ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 2014.

MAYER, R. E. **The Past, Present, and Future of the Cognitive Theory of Multimedia Learning**, *Educational Psychology Review*, 36:8, 2024.

MOREIRA, F. S. R.; CALDAS, F. R. L. Tecnologias ambientais na perspectiva da educação STEAM. (**Revista Ensino em Debate REDE**), Fortaleza/CE, v. 5, 2025.

NEVES, R. F.; CARNEIRO-LEAO, A. M. A.; FERREIRA, H. S. A Imagem da Célula em Livros de Biologia: uma abordagem a partir da teoria cognitivista da aprendizagem multimídia. **Investigações em Ensino de Ciências** (Online), v. 21, p. 94-105, 2016.

OLIVEIRA, R. C. S. de et al. Levantamento de aplicativos em tecnologia móvel no ensino de ciências biológicas. **Anais do VI CONAPESC**. Campina Grande: Realize Editora, 2021.

OLIVEIRA, T. T. **Uso de TICs no Ensino de Biologia: Um Olhar Docente**. 2013. 35f. Monografia Especialização (Pós-Graduação em Educação: Métodos e Técnicas de Ensino) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2013.

OLIVEIRA, J. P.; MELO, M. M. R.; SOUSA, E. B. S. Tecnologias Digitais na Educação: Desafios e Perspectivas para o Século XXI. In: Congresso Nacional De Educação, 3., 2016. Natal. **Anais [...]** São Paulo: Realize, 2016. p. 01-12.

SANTOS, R. P.; FREITAS, S. R. P. Tecnologias Digitais na Educação: Experiência do Uso de Aplicativos de Celular no Ensino da Biologia. **Cadernos de Educação**, Pelotas, v.16, n. 32, p. 135-150. 2017.

SILVA, et al. O uso da Tecnologia em sala de aula e como as gerações se apropriam dela. **Cadernos da Fucamp**, São Paulo, v.22, n.57, p.158-171. 2023.

SILVA, M. F. S, et. al. A mediação das Tecnologias Digitais para o Ensino da Matemática durante o período pandêmico. **Revista Ensino em Debate (REDE)**, Fortaleza/CE, v. 5, 2025.

SILVA, A. X. et al. Aplicação da Teoria de Mayer na Análise de Multímídias em Vídeos no Youtube sobre Célula. **Revista Ciências & Idéias**, v. 13, p. 14-35, 2022.

SILVA, I. C. S.; PRATES, T. S.; RIBEIRO, L. F. S. As Novas Tecnologias e aprendizagem: desafios enfrentados pelo professor na sala de aula. **Revista em Debate** (UFSC), Florianópolis, v. 16, p. 107-123, 2016.

SILVA FILHA, J. M. G.; NEVES, R. F. Análise de imagens do processo de divisão celular em livros de Ciências da Natureza - biologia do ensino médio: uma abordagem a partir da Teoria Cognitivista da Aprendizagem Multimídia. **Amazônia** (UFPA), v. 20, p. 72-86, 2024.

JESUS NETO, J. T.; SILVA, H. C. Imagens sobre partículas elementares: relações entre a circulação e o âmbito escolar. **Enseñanza de las ciencias** (digital), v. Extra, p. 3531-3536, 2017.

SOUZA, D. A. et al. O Uso dos Recursos Tecnológicos nas Escolas Públicas no Município de Bragança Paulista – SP. In: Simpósio De Excelência em Gestão e Tecnologia, 14., 2017. Resende. **Anais [...]** Resende: Associação Educacional Dom Bosco, 2017. p. 01-16.

SOUSA, R. M.; BARRIO, J. B. M. A célula em imagens: uma análise dos livros didáticos de Biologia aprovados no PNLD 2015. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 11., 2017, Florianópolis. **Anais [...]** Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2017. p. 1-10.

UNESCO. **Diretrizes de políticas para a aprendizagem móvel**. Paris: UNESCO, 2013.

Submetido em 11 de maio de 2025.

Aceito em 04 de julho de 2025.

Publicado em 04 de agosto de 2025.