

Referenciais teórico-metodológicos para a análise da relação texto-imagem do livro didático de Biologia. Um estudo sobre o tema embriologia

Theoretical and methodological framework for analyzing the relationship text-image in Biology textbook. A study on the Embryology

Santer Alvares de Matos

Francisco Ângelo Coutinho

Andréa Carla Leite Chaves

Fernanda de Jesus Costa

Fernando Costa Amaral

Resumo

O artigo articula um modelo de aprendizagem a partir de materiais que fazem uso de texto verbal e imagem, a teoria da carga cognitiva e o modelo de memória operacional com o intuito de estabelecer um referencial teórico para a análise do livro didático de Biologia. Para uma visualização mais clara das informações e elaboração de generalizações básicas foi realizado um tratamento estatístico utilizando-se o software SPSS. Foram analisadas quatro coleções aprovadas no PNLD. A análise evidenciou um planejamento instrucional inadequado, que sobrecarrega os recursos cognitivos do aluno. Ao final, propomos algumas indicações para a área de pesquisa e ensino em Ciências e Biologia.

Palavras-chave: Livro didático de Biologia, Embriologia, memória

Abstract

The article articulates a model of learning from materials that make use of verbal text and image which is the theory of cognitive load and the model of working memory in order to establish a theoretical framework for analyzing the Biology textbook. For visualizing clearer information and preparing basic generalizations, the method performed utilized the statistical software SPSS. We analyzed four collections approved by the PNLD. The analysis revealed an inadequate instructional design overwhelming the student's cognitive resources. Finally, we propose direction for the area of research and teaching in Science and Biology.

Keywords: Biology Textbooks, Embryology, working memory, cognitive load, Teaching Biology.

Introdução

O uso de imagens aliadas a texto verbal é de significativa importância nas Ciências Naturais. Os cientistas utilizam imagens tais como mapas, fotografias, diagramas, tabelas, fórmulas, dentre outras, constantemente em seus laboratórios, apresentações e artigos (Pozzer-Ardenghi & Roth, 2005). Segundo Pozzer-Ardenghi & Roth (2005), as imagens são singularmente importantes para a construção do conhecimento científico. Elas constituem um meio amplamente aceito no diálogo científico, tendo um potencial particular para comunicar aspectos da natureza e para indicar o conteúdo de ideias. Knorr-Cetina & Amann (1990), por exemplo, afirmam que, embora os filósofos, historiadores e sociólogos da ciência tenham considerado a escrita como a parte central da atividade científica, na verdade, o foco de muitas atividades de laboratório não é o texto, mas as imagens. Como diz Bruzzo (2004, p. 1360): *“Conhecer a natureza também é expressar esse conhecimento em palavras e imagens criadas para este fim”*.

Deste modo, a ciência não é feita ou comunicada somente por meio da linguagem verbal. Os conceitos científicos, embora tenham um importante componente verbal, são, em uma expressão de Lemke, *híbridos semióticos* (Lemke, 1998). Quando os cientistas pensam, falam, escrevem e ensinam, eles combinam, interconectam e integram o texto verbal às expressões matemáticas, tabelas, gráficos, fotografias, diagramas, mapas, desenhos, esquemas, simulações, ou seja, todo um conjunto de gêneros visuais especializados (Lemke, 1998). As imagens, portanto, estabelecem-se como importantes instrumentos de comunicação de ideias científicas (Martins *et al.*, 2005).

O uso de imagens, por conseguinte, não poderia deixar de se difundir também nos livros didáticos de Biologia. Nestes livros, as imagens têm presença destacada. Muitas vezes, as razões oferecidas para esta presença vão desde as alegações sobre o interesse da indústria editorial ao

desinteresse dos alunos pela leitura (Bruzzo, 2004). Aqui, no entanto, compartilha-se da perspectiva de que a comunicação científica tem caráter multimodal, envolvendo a articulação das linguagens verbal e imagética (Piccinini & Martins, 2004). As representações visuais nos livros didáticos contam com modos semióticos de construção de sentidos. Elas possuem valor cognitivo e cumprem importantes funções mediadoras na apropriação da linguagem da ciência escolar pelo aluno, e também pelo professor.

Esta posição alinha-se a resultados de pesquisas na área de psicologia cognitiva. Diversas pesquisas realizadas por Mayer e colaboradores (por exemplo, Mayer e Gallini, 1990; Mayer e Anderson, 1991 e 1992; Mayer, 2001) demonstram que se aprende melhor por meio de palavras e imagens do que por meio de palavras somente. No entanto, como veremos, nem toda relação texto-imagem é igualmente eficiente em promover a aprendizagem. A simples adição de palavras e imagens não garante um acesso à aprendizagem (Mayer, 2005a).

Torna-se, assim, importante compreender como se dá o uso de imagens nos livros didáticos de Biologia e apontar caminhos para se incorporar imagens e texto verbal nestes livros de forma produtiva. Ainda, uma vez compreendidos os obstáculos a uma aprendizagem eficiente promovidos pela diagramação e planejamento inadequados do livro didático, o professor pode desenvolver e utilizar estratégias que minimizem estes obstáculos.

O ponto de partida de nossa pesquisa é a ideia de que as mensagens instrucionais planejadas a partir do funcionamento do sistema cognitivo humano têm maior possibilidade de promover uma aprendizagem eficiente (Mayer, 2005b). Busca-se, num primeiro momento, explicitar algumas ideias sobre a arquitetura cognitiva humana, advindas da psicologia cognitiva e da neurociência cognitiva. Na sequência, a partir de alguns aspectos da cognição humana, extraiu-se algumas conclusões sobre a melhor maneira de se construir relações entre texto e imagem. Justo a isto, apresenta-se a análise do conteúdo de embriologia de alguns livros didáticos de Biologia. Nas considerações finais, projetou-se algumas indicações para a área de pesquisa em ensino de Biologia, bem como se fornece indicações para o trabalho do professor em sala de aula.

A escolha do tema embriologia deve-se ao fato de que diversos autores ressaltam a dificuldade de aprendizado neste tópico de conteúdo (Rodrigues *et al.*, 2004 *apud* Freitas *et al.*, 2008; Perotta *et al.*, 2004 *apud* Freitas *et al.*, 2008). Isto pode ser explicado devido a diversos fatores, em primeiro lugar, a existência de um grande obstáculo entre o docente e o discente no ensino de embriologia, devido à escassez de material didático (Rodrigues *et al.*, 2004 *apud* Freitas *et al.*, 2008). Outro problema é a ausência de aulas práticas, devido à falta de materiais de laboratórios de origem humana ou do elevado custo de modelos que simulam o desenvolvimento embrionário (Santos *et al.*, 2004 *apud* Freitas *et al.*, 2008).

No entanto, devemos ter em mente que o uso de imagens é fundamental no ensino de embriologia, pois a embriologia é uma ciência visual que exige dos alunos um grande esforço para o entendimento de uma gama de conceitos e significados complexos e muitas vezes abstratos, como é o caso da necessidade de visualização mental dos processos do desenvolvimento embrionário. Na maioria das vezes, os recursos didáticos utilizados para o ensino e aprendizagem de embriologia envolvem imagens, sejam elas estáticas (modelos anatômicos de gesso, lâminas, microscópios, fotomicrografias, eletromicrografias, imagens 2D e 3D, ilustrações de livros, etc.) ou movimentadas (vídeos e animações). As imagens ajudam no entendimento dos movimentos morfogênicos que ocorrem durante o desenvolvimento embrionário, melhorando a compreensão anatômico-espacial deste processo. Os livros didáticos de Biologia, por sua vez, sempre utilizam imagens e textos para retratar o processo cronológico de desenvolvimento embrionário. Dentro deste contexto, surge a necessidade de se conhecer melhor um dos principais materiais disponíveis para o ensino de embriologia, neste caso, os livros didáticos.

Indicações teóricas: elementos da arquitetura cognitiva humana

O presente estudo baseia-se em três princípios teóricos propostos por Mayer (2005c) sobre a aprendizagem: a) o sistema humano de processamento de informação inclui dois canais, um canal visual/pictórico e outro verbal/auditivo; b) devido aos limites do sistema de memória, cada canal tem uma capacidade limitada de processamento de informação; c) os seres humanos se engajam ativamente no processo de cognição durante a aprendizagem.

A concepção de canais separados para o processamento da informação está associada à teoria do código duplo (Clarck e Paivio, 1991). De acordo com esta teoria, a cognição humana utiliza um sistema de códigos para representar a informação verbal e outro para representar a informação visual. As imagens mentais são códigos analógicos e as representações mentais de palavras são realizadas em um código simbólico. Estes dois códigos organizam a informação em conhecimentos para a ação, armazenamento e recuperação posterior (Sternberg, 2008). Assim, a percepção tanto de textos quanto de imagens se dá por meio dos olhos; porém, após a entrada pelo sistema perceptivo, textos são transferidos para o canal verbal e imagens para o canal pictórico.

Os seres humanos têm uma capacidade limitada quanto ao total de informações que podem processar (Mayer, 2005b). Esta limitação é, em grande parte, devida ao funcionamento do sistema mnemônico humano. Quando um evento qualquer ativa o sistema neural, como ler uma palavra, analisar uma figura ou ouvir um som não verbal, o primeiro processo ocorre na chamada

memória sensorial (Lent, 2001). Esta memória tem a característica de ser pré-consciente e possui um limite de retenção ultra-rápido (Lent, 2001).

Após a entrada da informação e sua passagem pela memória sensorial, o próximo passo é a seleção do que poderá ser armazenado durante um tempo suficiente para orientar o raciocínio imediato, a resolução de problemas ou para a ação comportamental (Lent, 2001). Este tipo de memória é denominado memória operacional. A memória operacional é definida como um sistema ativo de memória que é responsável, simultaneamente, pela manutenção e processamento da informação (Bayliss *et al.*, 2005). A memória operacional é um sistema de capacidade limitada que armazena e manipula a informação temporariamente para a execução de tarefas complexas, tais como compreensão, aprendizagem e raciocínio. Deve-se ressaltar que a memória operacional não lida exclusivamente com informações provenientes da memória sensorial, utiliza também informações armazenadas na memória de longa duração (Lent, 2001).

Segundo o modelo de Baddeley (1992 e 2000), construído a partir de evidências de experimentos fisiológicos, neurologia clínica e psicologia cognitiva, a memória operacional é constituída por um componente conhecido como executivo central e três componentes de apoio: a alça fonológica, o esboço viso-espacial e o *buffer* episódico. O componente executivo extrai informação da memória de longa duração e coordena a atividade dos demais componentes. É ele que decide qual informação processar mais e como fazê-lo. Um dos papéis do componente executivo é decidir como dividir a atenção entre diferentes tarefas (Goldstein, 2008). A alça fonológica mantém por pouco tempo a informação para a compreensão verbal e para a repetição acústica. O esboço viso-espacial guarda por um tempo curto algumas imagens visuais. Finalmente, o *buffer* episódico é um sistema de capacidade limitada que conecta a informação dos sistemas subsidiários e da memória de longo prazo em uma representação episódica unitária (Sternberg, 2008).

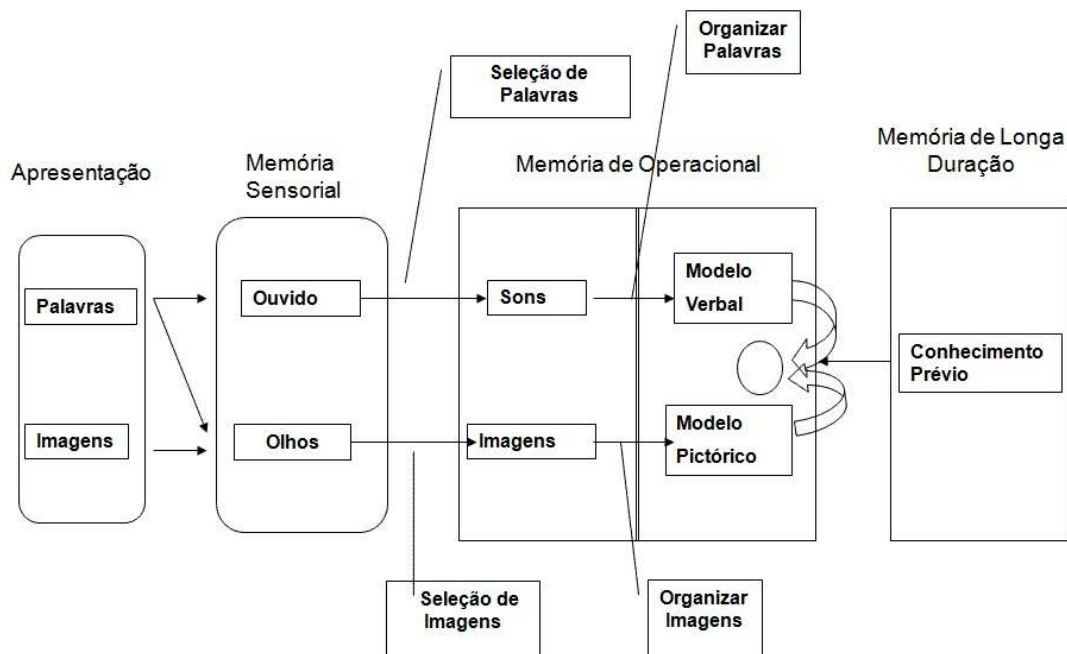
Além de ser um tipo de memória de curta duração, que perde seu conteúdo em torno de 20 segundos (Peterson e Peterson, 1959), a memória operacional é severamente limitada também quanto à quantidade de informação que pode reter. Miller (1956) demonstrou que a memória operacional é capaz de manter somente sete elementos de informação e pode processar, no sentido de combinar, contrastar ou manipular, não mais do que 2 a 4 elementos de informação.

Assim, quando um aluno se depara com uma ilustração, somente partes dos detalhes podem ser retidas na memória operacional, devido à capacidade limitada desta de reter e manipular informações. O aluno, então, constrói uma imagem mental a partir de alguns detalhes da imagem, e não uma cópia exata do material apresentado. O fato de não sermos capazes de fazer uma cópia exata do material apresentado, mas tão somente lidar com fragmentos da

informação, vale para ler um texto, assistir a um documentário ou analisar uma simulação composta de imagens (paradas e em movimento), textos e sons. (Mayer, 2005c).

O próximo passo é a retenção da informação na memória de longo prazo. Neste processo, alguns aspectos selecionados ficam disponíveis para serem lembrados. Diferentemente da memória operacional, a memória de longo prazo tem uma capacidade muito grande e pode armazenar informações por longos períodos de tempo (Sternberg, 2008; Mayer, 2005c). Deste modo, os seres humanos se engajam ativamente no processo de cognição, com o objetivo de construir uma representação mental coerente da experiência. Este processo ativo envolve atenção, organização da informação e integração desta com outros conhecimentos (Mayer, 2005c).

Segundo Mayer (2005c), para que uma aprendizagem eficiente ocorra, quando se trata de uma aprendizagem a partir de texto e imagem, o aluno emprega cinco processos cognitivos: 1) selecionar palavras relevantes para o processamento na memória operacional verbal; 2) selecionar imagens relevantes para o processamento na memória operacional visual; 3) organizar as palavras selecionadas em um modelo verbal; 4) organizar as imagens selecionadas em um modelo visual; e, finalmente, 5) integrar as representações verbais e visuais com um conhecimento prévio. A Figura 1 sumariza estes eventos. Deve-se marcar que estes processos não ocorrem necessariamente nesta ordem linear. O que importa é notar que a aprendizagem requer que o aluno coordene e monitore estes cinco processos (Mayer, 2005c).



*Figura 1 - Teoria cognitiva da aprendizagem a partir de texto e imagem.
Modificado a partir de Mayer (2005c).*

Assim, o material instrucional que faz uso de imagens e texto escrito será tanto mais efetivo quanto mais seu planejamento estiver alinhado à arquitetura cognitiva humana. Este pressuposto assenta-se sobre a ideia de que uma carga cognitiva supérflua ocorrerá quando o material instrucional desconsiderar alguns princípios básicos de construção (Sweller, 2005). A carga cognitiva é o resultado das demandas sobre a memória operacional e resulta do esforço imposto pela informação que deve ser mantida na memória operacional mais a informação que deve ser processada. Por exemplo, somar 3 e 5 é relativamente fácil, pois impõe pouca carga sobre a memória operacional. No entanto, multiplicar 725 por 93, de cabeça, impõe um grande esforço, pois se deve reter simultaneamente os produtos intermediários do cálculo na memória operacional enquanto se realiza os demais passos da operação (Clark e Lyons, 2004). Existem três categorias de carga cognitiva: supérflua, intrínseca e efetiva.

A carga cognitiva supérflua é causada por planejamento instrucional inapropriado, que ignora ou não respeita os limites da memória operacional (Sweller, 2005). Por exemplo, quando um texto verbal possui passagens interessantes, mas desnecessárias para compreensão do tópico de ensino ou quando a imagem possui elementos estranhos ou desnecessários. Neste caso, exige-se do aluno um processamento supérfluo, que é definido como aquele requerido quando uma mensagem instrucional contém muitos detalhes, adornos, informação gratuita, ou quando o *layout* do material é confuso (Mayer, 2005a).

A carga cognitiva intrínseca é devida à complexidade natural da informação que deve ser processada. Ela é determinada pelo nível de interatividade dos elementos. Por exemplo, na aprendizagem de uma fórmula de reação, a simplificação ou exclusão de qualquer informação inerente à reação pode prejudicar a compreensão do processo. Assim, o conteúdo da informação não pode ser alterado sem prejuízos da aprendizagem. Isto ocorre com o conteúdo de embriologia onde são necessárias muitas informações essenciais para a compreensão do conteúdo.

Finalmente, a carga cognitiva efetiva é aquela resultante do esforço em se adquirir conhecimentos. Por exemplo, fornecer ao aluno uma série de exercícios pode aumentar a carga cognitiva efetiva, mas é provável que facilite a memorização ou a aprendizagem significativa.

Portanto, um dos maiores desafios dos planejadores e produtores de materiais didáticos é criar mensagens instrucionais que são sensíveis ou alinhadas às características do sistema cognitivo humano, de tal modo que o total do processamento requerido não exceda os limites em cada canal da memória operacional do aluno (Mayer, 2005d). Alcançar um processamento cognitivo toma tempo e requer esforço por parte do aluno e estes recursos são limitados. Se for requerido do aluno que ele se dedique a um processamento de informação desnecessária, ele pode não ser capaz de dar sentido ao material essencial e, portanto, a aprendizagem estará comprometida.

Indicações metodológicas

A metodologia proposta articula o modelo de aprendizagem a partir de materiais que fazem uso de texto verbal e imagético, a teoria da carga cognitiva e o modelo de memória operacional com a finalidade de estabelecer um referencial teórico e metodológico para a análise e comparação de coleções didáticas de Biologia.

Foram analisadas 82 imagens do capítulo de embriologia de quatro coleções de livros de Biologia avaliadas no Programa Nacional do Livro Didático do Ensino Médio do Ministério da Educação (PNLDEM/MEC). Cada coleção de livros recebeu uma sigla para facilitar a identificação dos mesmos no interior do presente artigo (Quadro 1).

Escolheu-se, especificamente, o capítulo das coleções de livros que abordava o tema embriologia, pois, como dito anteriormente, o ensino deste tema frequentemente utiliza a combinação texto e imagem e diversos autores reforçam as dificuldades de aprendizado dos conteúdos de embriologia no ensino de Biologia (Rodrigues *et al.*, 2004 *apud* Freitas *et al.*, 2008; Perotta *et al.*, 2004 *apud* Freitas *et al.*, 2008).

Quadro 1 - Coleções de livros cujos capítulos de embriologia foram analisados.

Nome da Coleção	Autores	Editora	Ano	Sigla adotada
Conceitos de Biologia	José Mariano Amabis e Gilberto Rodrigues Martho	Moderna	2005	A&M
Biologia Hoje	<u>Fernando Gewandsznaider</u> e <u>Sérgio Linhares</u>	Ática	2003	L&G
Bio	Sônia Lopes	Saraiva	2006	L
Biologia	Wilson Roberto Paulino	Ática	2007	P

O primeiro passo da pesquisa foi quantificar o número de imagens e páginas existentes em cada capítulo analisado (Gráfico 1). Com isso, conseguiu-se mensurar o universo amostral e determinar a quantidade de imagens por página que cada coleção continha.

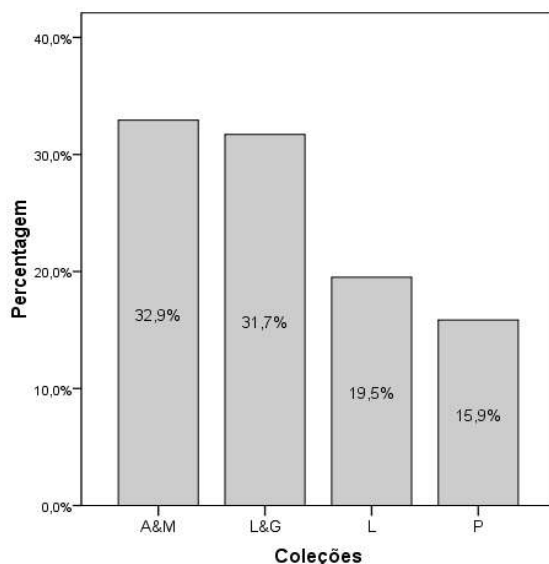


Gráfico 1 - Percentagens de imagens analisadas em cada coleção de livros de Biologia.

O Gráfico 1 mensura, em percentagens, o número de imagens analisadas em cada coleção em relação ao número total de imagens analisadas (82 imagens). As diferenças entre as percentagens devem-se ao fato de que o capítulo analisado continha um número diferente de imagens em cada coleção analisada. Tal diferença percentual reflete na contribuição individual de cada coleção nos resultados das análises apresentadas neste trabalho.

As coleções A&M e L&G foram as que mais imagens possuíam no capítulo analisado e, por isso, predominam no universo amostral (64,6% - 53 imagens).

Posteriormente, determinou-se a relação do número de imagens por página através da divisão direta entre os valores do número de imagens/número de páginas do capítulo analisado. Com isso, pretendeu-se quantificar o uso da imagem no capítulo de embriologia das coleções analisadas.

Para estabelecer a média da dimensão das imagens, calculou-se a área, em cm², ocupada pelas imagens nas coleções analisadas. A coleta da medida foi realizada da seguinte maneira: quando a imagem possuía moldura, a própria moldura determinava o limite da imagem. Por outro lado, quando a imagem não possui moldura, traçavam-se linhas tangenciais a pontos extremos da imagem formando um retângulo e, em seguida, efetuava-se a medida da área da figura.

Com o objetivo de verificar se as imagens direcionavam a atenção dos alunos focalizando os elementos importantes para o entendimento do conteúdo e facilitando a seleção e organização da memória operacional determinou-se a quantidade de termos e frases presentes nas imagens. A quantidade de termos e frases foi estabelecida através de contagem simples dos termos e frases que estavam inseridos no interior da área de cada imagem.

Mayer (1991) e outros (Sweller *et al.*, 1990; Chandler e Sweller, 1991; Moreno e Mayer, 1999) ao descreverem o princípio da contiguidade textual afirmam que deve haver uma proximidade entre a chamada da imagem no corpo texto e o respectivo posicionamento da mesma, assim, o leitor não teria de utilizar recursos cognitivos próprios para relacioná-los o que facilitaria o armazenamento de informações na memória operacional. Com o objetivo de analisar este princípio, mediu-se com a régua em linha reta à distância, em centímetros (cm) existentes entre a chamada da imagem no corpo do texto verbal e a posição da imagem no texto. Nas situações em que as imagens se encontravam em página diferente de suas chamadas textuais traçou-se uma linha reta e perpendicular a chamada da imagem no corpo do texto verbal até a localização da imagem na página seguinte.

Mayer (2001) propõe a categorização das imagens em textos didáticos em: decorativas, representacionais, organizacionais e explicativas. As imagens ditas decorativas representam ilustrações para entreter o leitor, decorar o livro, não acrescentando informações relevantes ao tema. Já as imagens representacionais são compostas por representações de um único elemento,

representações que promovem relações entre elementos. Finalmente as imagens explicativas que explicam como um sistema funciona, possuindo no seu corpo, inevitavelmente, um elemento textual. De acordo com estas características, verificou-se a existência e prevalência destas categorias de imagens nas coleções analisadas. No processo de categorização, toda vez que a imagem apresentava uma determinada categoria atribuía-se a mesma o valor um, caso contrário, zero. Assim, quando se analisa os resultados deve-se ter a noção de quanto mais próximo ao valor um estiver à média da categoria, maior será a expressão da mesma. Do mesmo modo, quanto mais próximo a zero, menor a expressão da categoria.

Ainda segundo Mayer (2001), as imagens organizacionais e explicativas possuem um alto valor instrucional enquanto as decorativas e as representacionais, baixo. Assim, utilizando-se deste critério, verificou-se se as imagens possuíam ou não valor instrucional. Para tal mensuração atribuiu-se o valor um quando as imagens possuíam valor instrucional (organizacionais ou explicativas) e valor zero quando não possuíam (decorativas e representacionais). Tal metodologia possibilitou determinar a percentagem de imagens com e sem valor instrucional no material analisado.

Finalmente verificou-se a segmentação do texto. Segundo Mayer (2005c), quanto maior for a segmentação do texto didático maior será a compartimentalização permitindo a compreensão do conteúdo em partes para, em seguida, compreender o todo. A segmentação do texto nada mais é que a subdivisão de um capítulo em partes menores, ou seja, em subtítulos. Para se determinar a segmentação contaram-se os subtítulos do capítulo de embriologia das quatro coleções analisadas.

Para validação quantitativa dos dados foi realizado um tratamento estatístico utilizando-se o software SPSS. Por meio do teste *t* e da *Análise de Variância* (ANOVA), foi possível verificar a existência de relações e a significância (índice de confiabilidade – IC – igual ou superior a 95%, $p < 0,05$) dos resultados. O teste *t* foi aplicado para verificar a significância estatística das diferenças nos valores instrucionais das imagens analisadas. Para saber a significância das diferenças entre os dados obtidos para as quatro coleções em relação as quatro categorias de imagens realizou-se a análise de variância (ANOVA). A análise de variância (ANOVA) evita o aumento do erro, pois, realiza múltiplas comparações, determinando, em um único teste, se o conjunto inteiro das médias de valores foi obtido a partir da mesma população (Mingoti, 2005).

Resultados e discussão

As coleções analisadas são bem ilustradas possuindo, pelo menos, uma imagem por página, confirmando a importância da utilização da imagem no ensino de embriologia. Os dados mostram que a coleção A&M foi a que menos utilizou o recurso da imagem (Gráfico 2).

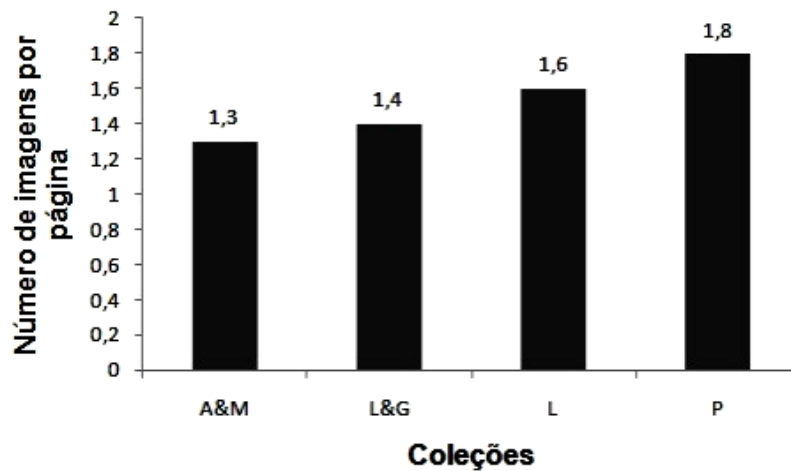


Gráfico 2 - Quantidade de imagens por página nas quatro coleções analisadas.

O Gráfico 3 representa a área média (ponto) e o desvio padrão (linha estendida), em cm², ocupada pelas imagens em cada coleção.

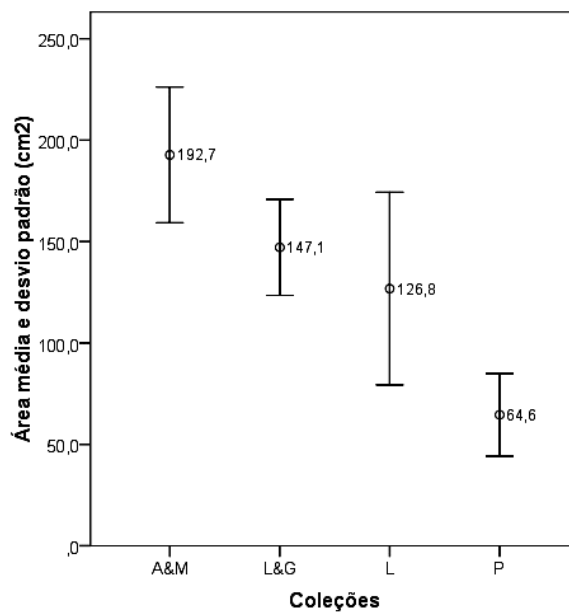


Gráfico 3 - Área média e desvio padrão ocupada pelas imagens nas coleções analisadas.

Observa-se que no Livro de A&M possui a maior área para as figuras e no livro P a menor. No entanto a análise estatística não mostrou diferenças significativas entre as áreas das imagens das coleções A&M, L&G e L e nem entre as coleções L e P ($p > 0,05$). Entretanto, a coleção P difere, significativamente, das coleções A&M e L&G.

Relacionando os valores das áreas médias ao número de imagens por páginas de cada coleção obtêm-se uma relação inversamente proporcional, o que já era esperado, pois, quanto maiores forem às áreas ocupadas pelas imagens (coleção A&M, por exemplo), menores serão os números de imagens ao longo do capítulo. A área ocupada por uma imagem pode torná-la mais visível, facilitando sua compreensão. Entretanto, não representa fator determinante para a qualidade cognitiva da imagem, ou seja, não torna a imagem mais ou menos instrucional para a compreensão dos conceitos trabalhados no capítulo.

Isso nos leva a questionar até que ponto as imagens podem estar contribuindo para o desenvolvimento cognitivo do leitor, possibilitando, assim, para a compreensão das informações conceituais apresentadas. Para responder a este questionamento as imagens foram analisadas segundo o princípio da qualidade instrucional proposto por Mayer (2001).

O Gráfico 4 apresenta a média e o desvio padrão da quantidade de termos que aparecem nas imagens das coleções analisadas.

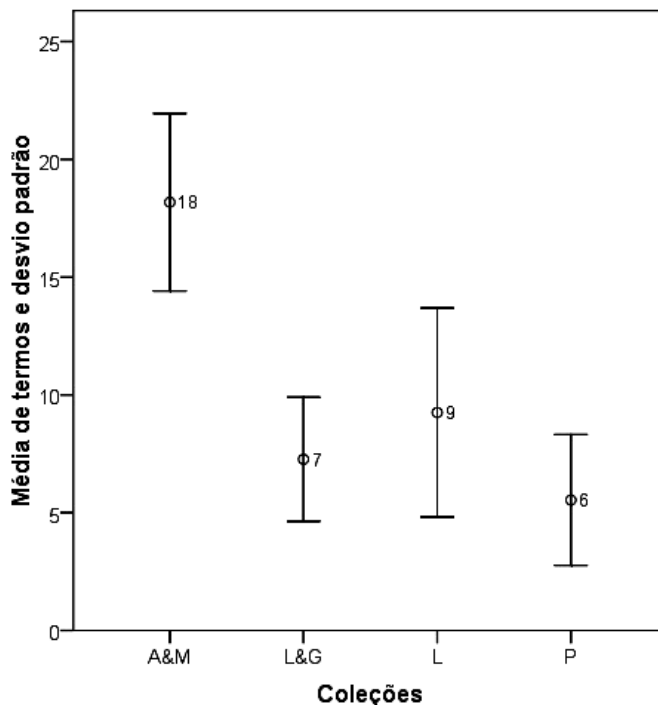


Gráfico 4 - Média e desvio padrão da quantidade de termos que aparecem nas imagens.

A quantidade de termos e frases na coleção A&M é estatisticamente superior a das outras coleções analisadas. Não se verificou diferença estatisticamente significativa entre L&G, L e P.

A análise e associação dos resultados apresentados anteriormente permitem afirmar que a coleção A&M apresenta o menor número de imagens, entretanto, estas imagens ocupam uma área maior e possuem o maior número de termos e frases. Hipoteticamente podemos dizer que os termos foram utilizados para preencher o maior espaço ocupado pelas imagens. A presença de um grande número de termos e imagens pode ser prejudicial, pois, se os mesmos contiverem informações desnecessárias para a compreensão do tema podem sobrecarregar o sistema cognitivo dos alunos. Por outro lado, se forem termos e imagens que auxiliam na compreensão dos aspectos conceituais abordados eles podem contribuir para a aprendizagem. Portanto, a análise da qualidade da imagem é fundamental para definir seu potencial como ferramenta de ensino.

O Gráfico 5 apresenta a média e o desvio padrão da quantidade de frases que aparecem nas imagens das coleções analisadas.

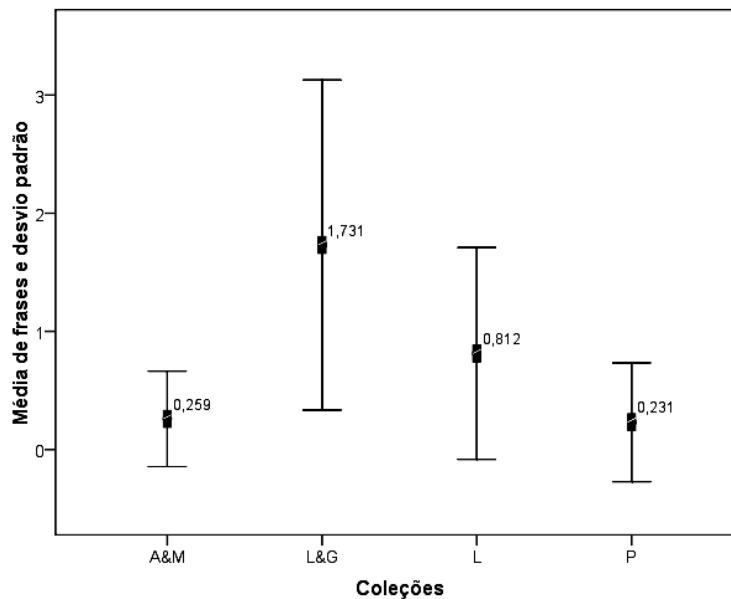


Gráfico 5 - Média e desvio padrão da quantidade de frases que aparecem nas imagens nas coleções analisadas.

Não se verificou diferença significativa entre o número de frases que aparecem nas imagens. Isso permite concluir que os autores das coleções analisadas, sempre que possível, optaram por deixarem as imagens livres do texto verbal. Fazendo-se uma análise da estrutura textual observou-se que os textos de todas as coleções analisadas trazem explicações coerentes e

explicativas da imagem. No entanto, algumas explicações estão distantes das imagens o que demanda maior carga cognitiva do leitor e ocupação da memória operacional para compreensão da imagem. Ao analisar o Gráfico 5, observa-se uma grande dispersão na presença de frases no conteúdo imagético das coleções L&G e L. Isso permite afirmar que não há um padrão entre possuir ou não frases no conteúdo imagético de tais coleções.

A presença ou não dos termos e frases, quando inseridos no conteúdo imagético de forma a facilitar a compreensão está de acordo com o princípio de sinalização. Segundo tal princípio, o aluno aprende melhor quando a mensagem imagética inclui guias tipográficos ou linguísticos que organizam o foco do leitor para o material relevante. Assim, direcionar a atenção do aluno leva-o a se focar nos elementos importantes para os objetivos da lição e facilita a seleção e organização na memória operacional (Clarck e Lyons, 2004; Mayer, 2005a). A priori pode-se afirmar que a coleção A&M apresenta uma melhor sinalização que as demais, não ocasionando sobrecarga na memória operacional e facilitando a compreensão dos conteúdos abordados nas imagens.

A distância existente entre a chamada da imagem no texto verbal e sua posição no corpo da página também pode causar sobrecarga na memória operacional. O Gráfico 6 aborda a distância média, em centímetros (cm) e o desvio padrão, importantes para se verificar o chamado princípio da contiguidade. O princípio de contiguidade foi descrito por Mayer (1991) e Moreno e Mayer (1999) e visa reduzir o processamento supérfluo evitando que o leitor utilize de seus recursos cognitivos para uma busca visual na página ou em páginas distantes, facilitando o armazenamento de informações na memória operacional (Mayer, 2001). Assim, quanto mais próxima a imagem estiver da chamada no texto verbal, maior será a contiguidade e menor será a carga cognitiva necessária para se interpretar a imagem.

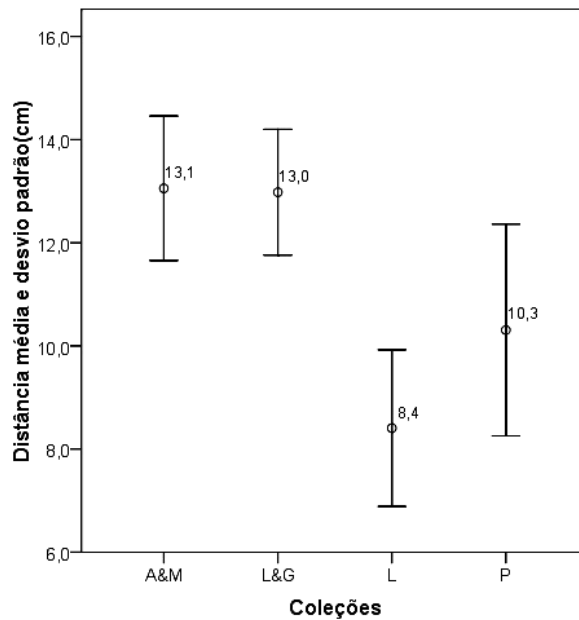


Gráfico 6 - Distância média e desvio padrão existentes entre a chamada da imagem no texto verbal e o posicionamento da imagem no corpo da página.

Quanto ao princípio de contiguidade, as imagens presentes nas coleções de A&M, L&G e P encontram-se distantes dos respectivos textos explicativos, até mesmo em páginas diferentes. A análise estatística nos permite concluir que não há diferença significativa entre a distância do texto com a imagem para essas três coleções (A&M, L&G e P). No Gráfico 6, observa-se a não sobreposição da distância média e desvio padrão entre as coleções A&M e L, bem como L&G e L, podendo-se afirmar que existe uma diferença significativa entre a coleção L e as A&M e L&G quanto a chamada da imagem no texto verbal e o posicionamento da imagem no corpo da página. Assim, pode-se inferir que a coleção L é, dentre todas as analisadas, a mais contígua, dispensando baixa carga cognitiva para o estabelecimento de relações entre a chamada da imagem no texto e o posicionamento da mesma no corpo da página. Não se verificou diferença estatisticamente significativa entre as coleções de L e P. As coleções A&M e L&G são as que possuem o menor número de ilustrações e as que ocupam maior área no capítulo. O distanciamento da explicação textual da respectiva imagem exige mais da carga cognitiva do leitor, sobrecarregando a memória operacional, e dificultando a associação entre imagem e texto verbal.

Analisando-se estatisticamente as categorias proposta por Mayer (2001), em separado, para cada uma das quatro coleções, não se verificou diferença significativa dentre as categorias. Por tal motivo as quatro coleções serão tratadas como sendo uma única amostragem.

Quando se analisava cada imagem das coleções atribuía-se a cada uma delas dois valores: 0 se havia a ausência completa da categoria analisada e 1 a presença exclusiva da categoria.

Os escores brutos de expressão de cada categoria estão representados no Gráfico 7.

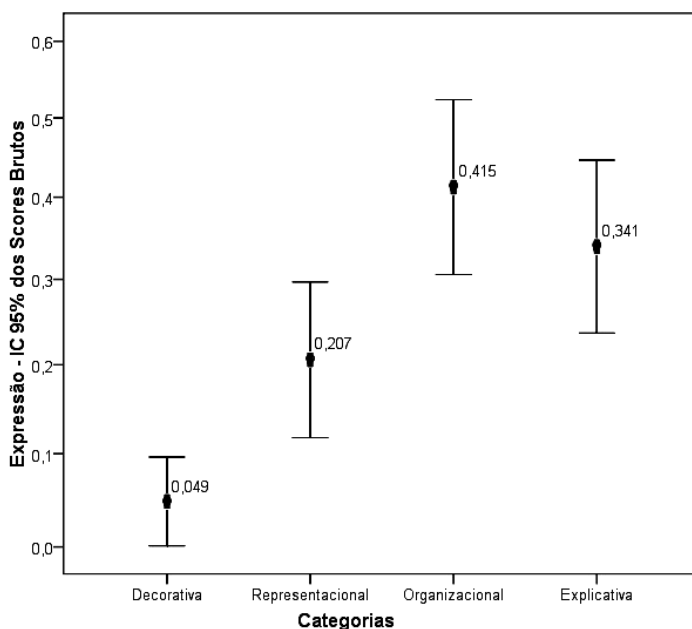


Gráfico 7 - Categorias das imagens analisadas nas quatro coleções de acordo com a proposta de Mayer (2001) para classificação de imagens.

Quanto mais próximo a zero for à expressão do escore bruto, menor a expressão da categoria e, quanto mais próxima de 1, maior.

Estatisticamente pode-se concluir que a categoria decorativa é significativamente menor. Já a representacional é significativamente menor que a organizacional. Entretanto, não se observa diferenças significativas entre a categoria explicativa com as representativas e organizacionais.

Os resultados nos permitem afirmar que as coleções analisadas possuem um conteúdo imagético com predominância de imagens organizacionais e explicativas e um número reduzido de imagens decorativas e representacionais.

Segundo Mayer (2001), imagens organizacionais e explicativas possuem um alto valor instrucional enquanto as decorativas e representacionais, um baixo. Assim sendo, pode-se concluir que a maioria das imagens dos capítulos das coleções analisadas possui um alto valor instrucional. Mas, há diferença entre o valor instrucional de uma coleção para outra? Os dados apresentados no Gráfico 8 respondem esta questão.

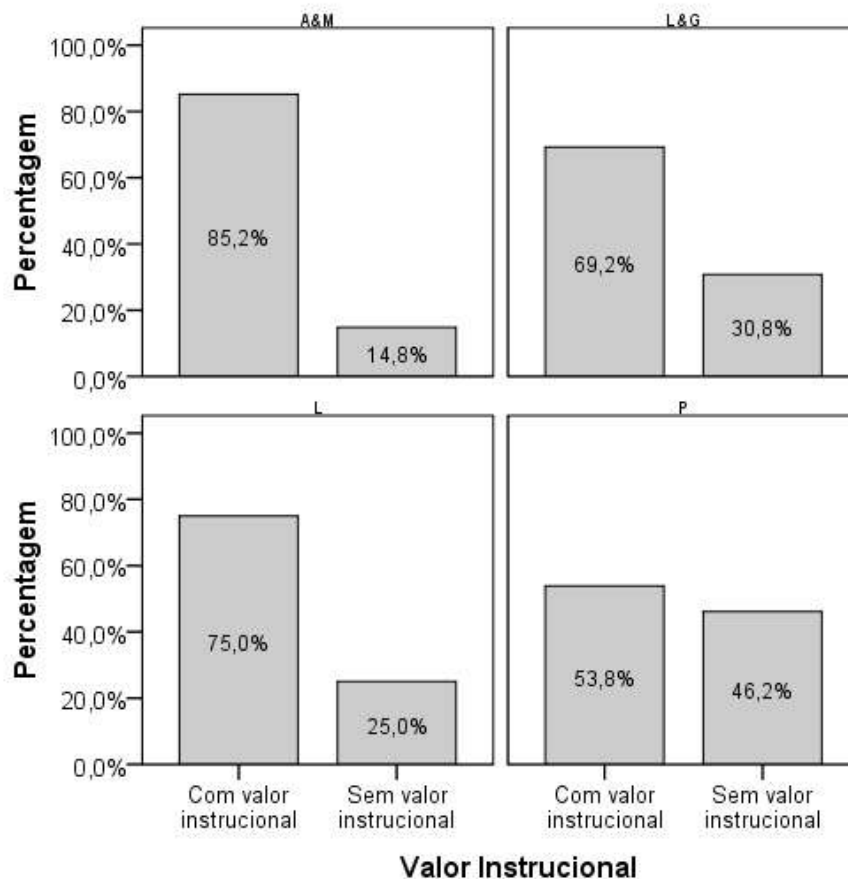


Gráfico 8 - Percentagens de imagens com e sem valor instrucional nas coleções analisadas.

A análise estatística mostrou que nas coleções A&M e L o número de imagens com valor instrucional é significativo em relação ao número de imagens sem valor instrucional. Nas coleções L&G e P não foi detectada diferença significativa entre as imagens com e sem valor instrucional. Considerou-se estatisticamente não significativo todas as vezes que os resultados quantitativos apresentavam $p < 0,05$, diminuindo o índice de confiabilidade (IC) para menos de 95%. Assim, mesmo possuindo diferenças percentuais visualmente grandes, a diferença entre os valores instrucionais da coleção L&G é estatisticamente insignificante.

Retomando alguns questionamentos e hipóteses propostos anteriormente podemos afirmar, agora, que mesmo possuindo o menor número de imagens por página e os maiores números de área e de termos nas imagens uma coleção pode possuir elevando valor de imagens com valor instrucional. Isso permite afirmar que de nada adianta a coleção possuir um número grande de imagens (muito ilustrada) se a maioria das imagens não possui valor instrucional. Literalmente, neste caso, quantidade não se relaciona a qualidade.

O Gráfico 9 aborda a segmentação do conteúdo nos capítulos analisados. Podemos verificar que as coleções possuem praticamente o mesmo nível de segmentação.

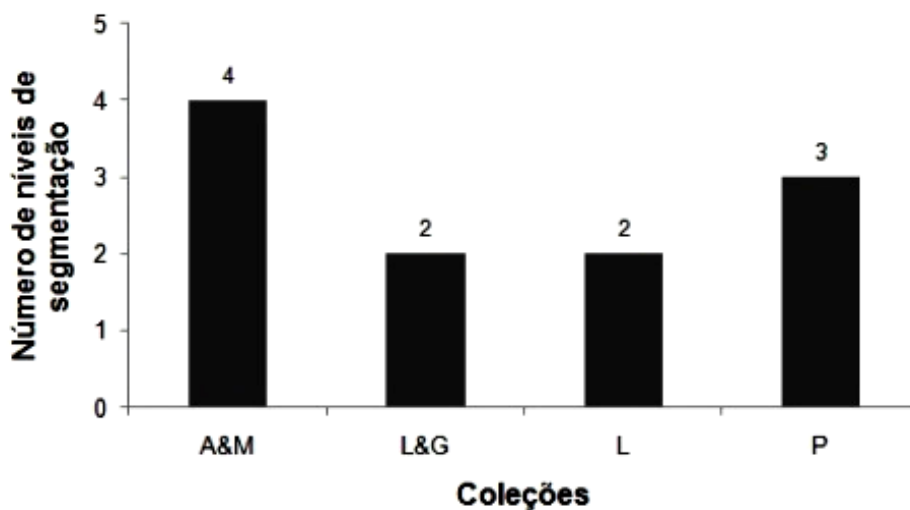


Gráfico 9 - Número de subtítulos observados nas coleções analisadas.

Segundo o princípio da segmentação o conteúdo de embriologia na coleção A&M seria mais fácil de ser compreendido por se encontrar mais segmentado, diminuindo a carga cognitiva e facilitando sua compreensão. Embora as coleções L&G e L sejam menos segmentadas que as demais, a diferença entre o número de subtítulos não foi significativa.

Considerações Finais

Utilizando-se dos referenciais teórico-metodológicos propostos o presente artigo pode-se realizar algumas conclusões. A coleção A&M possui o menor número de imagens por páginas. Entretanto, suas imagens ocupam a maior área individual e possuem o maior número de termos e frases dentre as coleções analisadas. As imagens estão mais distantes das respectivas chamadas textuais, exigindo maior esforço da memória operacional para relacionar informação textual e imagética. Há um predomínio das imagens organizacionais e explicativas, isto é, de imagens com valor instrucional. O texto do capítulo analisado possui, comparando-se com as demais coleções, a maior segmentação o que facilita a compreensão das partes para, em seguida, compreender o todo.

O capítulo analisado da coleção L&G possui um número pequeno de imagens por páginas, mas, assim como em A&M, com área individual significativa. A quantidade de termos e frases não

foi significativa, ou seja, trata-se de imagens que não contem informações que orientem os aprendizes na interpretação das mesmas. As imagens em L&G estão mais distantes das respectivas chamadas textuais, exigindo maior carga cognitiva dos leitores. Imagens com valor instrucional, isto é, organizacionais e explicativas, predominam na construção do capítulo analisado. Comparando-se com as demais coleções, a coleção possui a menor segmentação o que pode dificultar o entendimento de conteúdos complexos como é o caso da embriologia.

O capítulo de embriologia da coleção L possui considerável quantidade de imagens por páginas, ocupando as mesmas pequena área quando comparada as demais coleções analisadas. A quantidade de termos e frases é relativamente baixa o que permite afirmar que as imagens “não falam por si” dependendo de uma relação com o texto. Tal relação textual é facilmente estabelecida devido a proximidade com o imagem o que requer do leitor uma pequena carga cognitiva. Assim como nas demais coleções, há predomínio de imagem com valor instrucional. Já no critério segmentação, o texto mostrou-se pouco segmentado dificultando a compreensão do todo e, causalmente, das partes.

A coleção P possui a maior quantidade de imagens por páginas. No entanto, as imagens ocupam a menor área individual. Há uma pequena quantidade de termos e frases o que requer do leitor uma constante volta ao texto dificultando a compreensão do conteúdo imagético. O que torna a interpretação das imagens mais difícil ainda é a distância considerável que as mesmas estão de suas respectivas chamadas textuais, exigindo do leitor maior carga cognitiva para relacionar informação textual e imagética. Nesta coleção não se observa uma diferença significativa entre as imagens com e sem valores instrucionais o que nos permite concluir que, mesmo não sendo estatisticamente significativa, há uma maior concentração de imagens decorativa e representacionais que as demais. Tal fato, talvez, pode estar associado ao número excessivo de imagens que o capítulo desta coleção possui. O escopo textual é razoavelmente segmentado, comparando-se com as demais coleções, o que facilita a compreensão do conteúdo abordado pelo capítulo.

Como indicação para a área de pesquisa no ensino em Ciências e Biologia ficam as possibilidades de aperfeiçoamento das ferramentas apresentadas para serem utilizadas na validação e construção de materiais didáticos. Os princípios assinalados nesse artigo podem, quando utilizados, diminuir a carga cognitiva, não ocasionando a sobrecarga da memória operacional, facilitando, assim, a compreensão, através de imagens e textos verbais, do conteúdo de Biologia de modo geral.

Agradecimentos

Os autores agradecem aos revisores anônimos pelas sugestões e correções que aperfeiçoaram o artigo.

Referências

- BADDELEY, A. Working memory. **Science**, n. 255, p. 556-559, 1992.
- BADDELEY, A. D. The episodic buffer: a new component of working memory? **Trends in cognitive science**, n. 4, p. 417-423, 2000.
- BAYLISS, D. M., JARROLD, C. BADDELEY, A. D. GUNN, D. M. e LEIGH, E. Mapping the developmental constraints on working memory span performance. **Developmental Psychology**, 41, 579-597, 2005
- BRUZZO, C. Biologia: educação e imagens. **Educação e Sociedade**, 25 (89): 1359-1378, 2004.
- CHANDELER, P.; SWELLER, J. Cognitive load theory and the format of instruction. **Ethics & Behavior**, n. 4, v. 8, p. 293-332, 1991.
- CLARCK, R. C.; LYONS, C. Graphics for learning. San Francisco, **John Wiley & Sons**, 2004.
- CLARCK, R. E.; PAIVIO, A. Dual coding theory an education. **Educational Psychology Review**, 3, pp. 149-210, 1991
- FREITAS, L. A. M.; *et al.* Construção de modelos embriológicos com material reciclável para uso didático. **Biossei**, 24 (1): 91-97, 2008.
- GOLDSTEIN, E. B. **Cognitive psychology**. Belmont, Thomson, 2008.
- KNORR-CETINA, K. and AMANN, K. Image Dissection in Natural Scientific Inquiry. **Science, Technology and Human Values**, n. 15, p. 259-283, 1990.
- LEMKE, J. Multiplying meaning: Visual and verbal semiotics in scientific text. In: Martin, J. R. and Veel, R. **Reading Science**, London: Routledge, 1998.
- LENT, R. **Cem bilhões de neurônios. Conceitos fundamentais de neurociência**. São Paulo, Editora Atheneu, 2001.
- MARTINS, I.; GOUVÊA, G. e PICCININI, C. L. Aprendendo com imagens. **Ciência e Cultura**, (57): 38-40, 2005.
- MAYER, R. E. e GALLING, J. K. When is an illustration worth tem thousand words? **Journal of Educational Psychology**, 82: 715-726, 1990.
- MAYER, R. E. e ANDERSON, R. B. Animations need narrations: an experimental test of dual-coding hypothesis. **Journal of Educational Psychology**, 83: 484-490, 1991.

MAYER, R. E. e ANDERSON, R. B. The instructive animation: helping students build connections between words and pictures in multimedia learning. **Journal of Educational Psychology**, 84: 444-452, 1992.

MAYER, R. E. **Multimedia learning**. Cambridge, Cambridge University Press, 2001.

MAYER, R. E. (Org.). **The Cambridge handbook of multimedia learning**. Cambridge, Cambridge University Press, 2005a.

MAYER, R. E. **Introduction to multimedia learning**. Cambridge, Cambridge University Press, 2005b.

MAYER, R. E. **Principles for managing essential processing in multimedia learning: segmenting, pretraining, and modality principles**, Cambridge, Cambridge University Press, 2005c.

MAYER, R. E. **Principles for reducing extraneous processing in multimedia learning: coherence, signaling, redundancy, spatial contiguity, and temporal contiguity principles**. Cambridge, Cambridge University Press, 2005d.

MINGOTE, S. A. **Análise de dados através de métodos de estatística multivariada: uma abordagem aplicada**. Belo Horizonte: Editora da UFMG, 2005.

MILLER, G. A. The magical number seven, plus or minus two: some limits on our capacity for processing information. **Psychological Review**, 63: 81-97, 1956.

MORENO, R. e MAYER, R. E. Cognitive principles of multimedia learning: The role of modality and contiguity. **Journal of Educational Psychology**, 91: 358-368, 1999.

PETERSON, L. e PETERSON, M. Short-term retention of individual verbal items. **Journal of Experimental Psychology**, 58: 193-198, 1959

PICCININI, C.; MARTINS, I. Comunicação multimodal na sala de aula de ciências: construindo sentidos com palavras e gestos. **Ensaio: pesquisa em ensino de ciências**, 6 (1): 1-14, 2004.

POZZER-ANRDENGHI, L. and ROTH, W. M. Potographs in lectures: gestures as meaning-making resources. **Linguistics and Education**, 15: 275-293, 2005.

STERNBERG, R. J. **Psicologia cognitiva**. Porto Alegre, Artmed, 2008.

SWELLER, J. Implications of cognitive load theory for multimedia learning. In: Mayer, R. E. **The Cambridge Handbook of Multimedia Learning**. New York: Cambridge University, 2005, pp. 19-30.

Santer Alvares de Matos. Universidade Federal de Minas Gerais. Professor colaborador do Centro e Ensino de Ciências e Matemática. Mestre em Ensino de Ciências e Matemática.
santermatos@yahoo.com.br

Francisco Ângelo Coutinho. Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. Professor do departamento de Educação. Doutor em Educação. fac01@terra.com.br

Andréa Carla Leite Chaves. Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. Professora do Programa de Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática. Doutora em Bioquímica.
andreacarlachaves@gmail.com.

Fernanda de Jesus Costa. Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. Mestranda em Ensino de Ciências e Matemática. fernandinhajc@yahoo.com.br

Fernando Costa Amaral. Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. Professor titular da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. Doutor em Bioquímica e Imunologia pela Universidade Federal de Minas Gerais. fcoamaral@terra.com.br