

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE MINAS GERAIS
Programa de Pós-Graduação em ensino de Ciências e Matemática

**ENSINO DO DESENVOLVIMENTO EMBRIOLÓGICO DO SISTEMA CARDINAL
BASEADO NA TEORIA COGNITIVA DE APRENDIZAGEM MULTIMÍDIA (TCAM):
material didático para o professor e suas bases de apoio**

Evaldo Cardoso Gomes

Belo Horizonte
2009

Evaldo Cardoso Gomes

**ENSINO DO DESENVOLVIMENTO EMBRIOLÓGICO DO SISTEMA CARDINAL
BASEADO NA TEORIA COGNITIVA DE APRENDIZAGEM MULTIMÍDIA (TCAM):
material didático para o professor e suas bases de apoio**

Dissertação apresentada ao Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências e Matemática.

Orientadora: Profa. Dra. Andréa Carla Leite Chaves

Co-Orientador: Prof. Dr. Francisco Ângelo Coutinho

Área de Concentração: Ensino de Biologia

Belo Horizonte

2009

FICHA CATALOGRÁFICA

Elaborada pela Biblioteca da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais

G633e Gomes, Evaldo Cardoso
Ensino do desenvolvimento embriológico do sistema cardinal baseado na teoria cognitiva de aprendizagem multimídia (TCAM) : material didático para o professor e suas bases de apoio / Evaldo Cardoso Gomes, Belo Horizonte, 2009.

142 f.:il.

Orientadora: Andréa Carla Leite Chaves

Co-Orientador: Francisco Ângelo Coutinho

Dissertação (Mestrado) - Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática

1. Embriologia – Estudo e ensino. 2. Material didático. 3. Aprendizagem cognitiva I. Chaves, Andréa Carla Leite. II. Coutinho, Francisco Ângelo. III. Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática. III. Título.

CDU: 57:373

Evaldo Cardoso Gomes

***ENSINO DO DESENVOLVIMENTO EMBRIOLÓGICO DO SISTEMA CARDINAL
BASEADO NA TEORIA COGNITIVA DE APRENDIZAGEM MULTIMÍDIA (TCAM):
material didático para o professor e suas bases de apoio***

Dissertação apresentada ao Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências e Matemática.

Profª. Dra. Andréa Carla Leite Chaves (Orientadora) - PUCMINAS

Prof. Dr. Francisco Angelo Coutinho (Co-Orientador) - PUCMINAS

Profª. Drª. Rosemary Rodrigues Silva (Centro Universitário de Belo Horizonte)

Profª. Drª. Cláudia de Vilhena Schayer Sabino - (PUC Minas)

Belo Horizonte, 10 de dezembro de 2009.



PUC Minas

Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática

FOLHA DE APROVAÇÃO

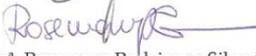
Título: ENSINO DO DESENVOLVIMENTO EMBRIOLÓGICO DO SISTEMA CARDINAL BASEADO NA TEORIA COGNITIVA DE APRENDIZAGEM MULTIMÍDIA (TCAM): material didático para o professor e suas bases de apoio.

IVALDO CARDOSO GOMES

Dissertação defendida e aprovada pela seguinte banca examinadora:


Prof.ª. Dr.ª. Andrea Carla Leite Chaves – Orientadora (PUC Minas)
Doutorado em Bioquímica / Imunologia (UFMG)


Prof. Dr. Francisco Angelo Coutinho – Co-orientador (PUC Minas)
Doutorado em Educação (UFMG).


Prof.ª. Dr.ª. Rosemary Rodrigues Silva (Centro Universitário de Belo Horizonte)
Doutorado em Bioquímica e Imunologia (UFMG)


Prof.ª. Dr.ª. Cláudia de Vilhena Schayer Sabino (PUC Minas)
Doutorado em Química (UFMG)

Belo Horizonte, 10 de dezembro de 2009.

Aos professores das varias áreas de ensino que se empenham e dedicam em buscar novas formas de ensinar, produzindo poderosas ferramentas de ensino, mas que passam despercebidas pelo sistema de ensino.

AGRADECIMENTOS

O desenvolvimento deste trabalho foi possível pela combinação de vários fatores. Inicialmente, meus agradecimentos são para Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais por abrir as portas para o mestrado em ensino em um regime de aulas que permitiu a continuidade de meus estudos.

Agradeço a Faculdade Atenas, meu local de trabalho, por ter dado suporte financeiro e também por ser local das pesquisas realizadas nesta dissertação.

Meu agradecimento especial para minha Orientadora Profa. Dra. Andréa Carla Leite Chaves e meu Co-Orientador Prof. Dr. Francisco Ângelo Coutinho, pela clareza de conhecimento e pela paciência que tiveram com este aprendiz sem conhecimento prévio do assunto. Suas observações consolidam a dissertação e mostram plena dedicação a orientação dos mestrandos.

Agradeço também a Prof^a. Dr^a. Cláudia de Vilhena Schayer Sabino pelas didáticas diferentes mostradas durante o curso e pelo tratamento estatístico dos dados referentes a esta dissertação, que só foi possível, graças ao seu conhecimento.

Agradecimentos a banca examinadora pela leitura e avaliação da dissertação.

Agradeço aos meus familiares pelo apoio emocional e estímulo de continuar estudos em momentos da vida meio tensa.

Um homem que nunca muda de opinião, em vez de demonstrar a qualidade da sua opinião demonstra a pouca qualidade da sua mente. (Marcel Achard)

RESUMO

A disciplina tradicional de embriologia exige do aluno o entendimento do surgimento de uma série de estruturas e a ocorrência de mudanças que acontecem simultaneamente no embrião em uma escala macro e microscópica. Sabidamente os estudantes têm dificuldades para identificar estruturas, compreender conceitos e elaborar mentalmente imagens e esquemas dos processos envolvidos no desenvolvimento embrionário. No presente trabalho foi desenvolvida uma estratégia metodológica que facilita o ensino e aumenta a compreensão e aprendizagem do desenvolvimento embrionário do sistema cardinal. A estratégia elaborada envolveu a produção de uma apresentação "PowerPoint", produto educacional desta dissertação, apoiada nas pesquisas da neurociência e da psicologia cognitiva. Utilizamos na elaboração da apresentação alguns princípios da Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimídia (TCAM), entre eles destacamos os princípios da representação múltipla, sinalização, coerência, contigüidade e redundância. O produto educacional foi experimentado em aulas da disciplina de Histologia e Embriologia Médica II do curso de Medicina da Faculdade Atenas. A análise da aprendizagem dos alunos, através de testes de retenção e transferência, mostrou que o material, em comparação a materiais convencionais, permitiu minimizar as sobrecargas cognitivas extrínseca e intrínseca e facilitou a aprendizagem, principalmente para alunos com pouco conhecimento prévio sobre o tema. O material didático, juntamente com material de apoio para seu uso, foi organizado e disponibilizado na forma de CD-rom. Nosso trabalho mostrou-se útil em minimizar dificuldades associadas ao ensino de embriologia de sistemas e evidenciou a importância de se empregar as descobertas no campo cognitivo na construção de materiais didáticos visando melhor aproveitamento e aprendizagem pelo aluno.

Palavras-chave: Ensino de Embriologia. Material didático. Teoria da aprendizagem multimídia.

ABSTRACT

The traditional discipline of embryology demands learner comprehension about the development of a series of structures and the occurrence of changes that simultaneously happen in the embryo in a macro and microscopic scale. As is well known, the students have difficulties to identify structures, to understand concepts and to mentally elaborate images and schemes about the processes involved in the embryonic development. In the present work, a methodological strategy was developed that facilitates the teaching and increases the understanding and learning about the embryonic development of the cardinal system. The elaborated strategy involved the production of a "PowerPoint" presentation, the educational product of this dissertation, supported by neuroscience and cognitive psychology researches. We use in the elaboration of the presentation some principles of the Multimedia Learning Cognitive Theory (MLCT), among them we detach the multiple representation, signaling, coherence, contiguity and redundancy principles. The educational product was tested during Histology and Medical Embryology II classes, on the Atenas Medical College. The analysis of the students learning, through retention and transference tests, showed mainly that the material, in comparison the conventional materials, allowed to minimize the extrinsic and intrinsic cognitive overloads and facilitated the learning, mainly for low prior-knowledge students. The didactic material, together the support material for its use, was organized and disposed in CD-ROM. Our work showed itself useful to minimize difficulties associated to the embryology of systems teaching and evidenced the importance of using the discoveries in the cognitive field to the construction of didactic materials aiming at better improvement and learning for the students.

Key-words: Embryology teaching. Didactic material. Multimedia learning theory.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 Distribuição das camadas do córtex cerebral com regiões de entrada e saída de circuitos neuronais, que permitem comunicações entre regiões diversas do cérebro, com formação de circuitos que representam a cognição. Aos poucos estes circuitos estão sendo elucidados pela neurociência e psicologia cognitivas.....	28
FIGURA 2 Relação funcional cognitiva de algumas áreas cerebrais. Na figura (a) a relação da área de Broca e área de Wernicke na interpretação da linguagem. A figura (b) evidencia a relação de áreas cerebrais relacionadas à audição, fala e interpretação da linguagem e regiões cerebrais relacionadas às memórias destas funções.....	30
FIGURA 3 Estrutura da memória operacional, indicando os principais componentes e a relação entre eles.....	37
FIGURA 4 Componentes da alça fonológica e sua relação com áreas cerebrais.....	39
FIGURA 5 Fluxo da informação do meio externo para o processo cognitivo de interpretação da informação proposto por Atkinson e Shiffrin.....	44
FIGURA 6 Relação entre os componentes da memória operacional e sua ligação com a memória de longo prazo.....	46
FIGURA 7 Fluxo da informação do meio externo para o processo cognitivo na formação do conhecimento prévio.....	51
FIGURA 8 Percurso da informação para a memória operacional.....	52
FIGURA 9 Fluxo da informação visual - texto escrito- na memória operacional.....	54
FIGURA 10 Fluxo da informação audível - texto narrado- na memória operacional.....	55
FIGURA 11 Fluxo da informação visual - figura - na memória operacional.....	56
FIGURA 12 Variáveis para o fluxo da informação até a construção do modelo mental.....	57
FIGURA 13 Veias primitivas do tronco do embrião humano.....	68
FIGURA 14 Desenvolvimento do sistema venoso.....	70
FIGURA 15 Embrião na 4ª semana, com os principais sistemas venosos.....	71
FIGURA 16 Sistemas vasculares iniciais.....	72
FIGURA 17 Coração primitivo e formação de vasos sanguíneos.....	80

FIGURA 18 Coração primitivo e formação de vasos sanguíneos.....	82
FIGURA 19 Estabelecimento do sistema circulatório.....	82
FIGURA 20 Estabelecimento do sistema circulatório.....	84
FIGURA 21 Desenvolvimento das veias cardinais anteriores, posteriores e cardinal comum esquerda.....	85
FIGURA 22 Desenvolvimento inicial do sistema cardinal.....	86
FIGURA 23 Desenvolvimento das veias cardinais anteriores.	87
FIGURA 24 Transformação para o padrão pós-natal.....	89
FIGURA 25 Desenvolvimento das veias cardinais posteriores.	90
FIGURA 26 Desenvolvimento do sistema venoso cardinal.....	92
FIGURA 27 Desenvolvimento inicial das veias subcardinais.	93
FIGURA 28 Desenvolvimento do sistema venoso cardinal.	95
FIGURA 29 Desenvolvimento final das veias subcardinais.....	96
FIGURA 30 Desenvolvimento do sistema venoso cardinal.	97
FIGURA 31 Desenvolvimento das veias supracardinais.	98
FIGURA 32 Desenvolvimento do sistema venoso cardinal.	100
FIGURA 33 Desenvolvimento final das veias cardinais anteriores e posteriores....	101
FIGURA 34 Desenvolvimento final das veias subcardinais e supracardinais.	102
FIGURA 35 Desenvolvimento do sistema venoso cardinal.....	104

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 Distribuição normal dos dados referentes às respostas da questão 3 da turma gama	108
GRÁFICO 2 MEAN - Médias das turmas alfa e gama nos testes 1 e 2	110
GRÁFICO 3 Teste 1 - Memória de curto prazo - Média para o teste 1 nas turmas alfa e gama	111
GRÁFICO 4 Teste 2 - Memória de longo prazo - Média para o teste 2 nas turmas alfa e gama	112

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 Livros de Embriologia utilizados na pesquisa.....	67
TABELA 2 Frequência relativa dos princípios satisfeitos, considerando-se o total de imagens analisadas.....	73
TABELA 3 Questões utilizadas para avaliação da aprendizagem do desenvolvimento do sistema cardinal	107
TABELA 4 Testes comparativos entre duas amostras	108
TABELA 5 Resultados da estatística descritiva das questões analisadas	109
TABELA 6 Resumo da análise estatística dos resultados.....	113
TABELA 7 Porcentagem de notas máximas obtidas nas questões pelas turmas alfa e gama	114

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

LTM- Long term memory

LTP- Potenciação de longa duração

REM- movimento rápido dos olhos

SSA- sistema supervisor de atenção

TCAM - Teoria Cognitiva De Aprendizagem Multimídia

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	17
2 MECANISMOS DOS PROCESSOS COGNITIVOS	23
2.1 O Sistema Nervoso	24
2.2 As Células Nervosas	32
2.3 A Memória	33
2.4.1 A Teoria do código duplo proposta por Paivio	43
2.4.2 Os múltiplos Sistemas de Memória Proposto por Atkinson e Shrifin	44
2.4.3 A Memória de trabalho ou operacional proposta por Baddeley	45
2.4.4 A Teoria da Sobrecarga Cognitiva	46
2.4.5 A teoria cognitiva da aprendizagem Multimídia (TCAM) de Mayer	47
2.4.6 A Teoria Cognitiva de Aprendizagem Multimídia (TCAM) proposta por Schontz e Bannert	50
2.4.7 Os princípios do planejamento de material multimídia	58
2.4.7.1 O princípio da representação múltipla	58
2.4.7.2 O Princípio da modalidade	59
2.4.7.3 Princípio da Coerência	60
2.4.7.4 Princípio da sequência de figura e texto	61
2.4.7.5 Princípio da contiguidade	61
2.4.7.6 O princípio da redundância	62
2.4.7.7 Princípio da sinalização	63
3 ANÁLISE DA INTERAÇÃO TEXTO-IMAGEM DO CONTEÚDO DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA CARDINAL NOS LIVROS DIDÁTICOS DE EMBRIOLOGIA	66
3.1 Tratamento usual da relação texto-imagem nos livros investigados	73
4 O PRODUTO	76
4.1 Descrição	76
4.2 Apresentação em “PowerPoint” sobre o desenvolvimento do sistema cardinal	77
4.2.1 Slide 02 - Origem do sistema circulatório, com seus vasos sanguíneos e o coração primitivo.	80
4.2.2 Slide 03 - estabelecimento do sistema circulatório	82
4.2.3 Slide 04 - Desenvolvimento De Veias Cardinais Anteriores, Posteriores E Comum Esquerda	85
4.2.4 Slide 05 - desenvolvimento das veias cardinais anteriores	86
4.2.5 Slide 06 - desenvolvimento das veias cardinais posteriores	90
4.2.6 Slide 07 - desenvolvimento inicial das veias subcardinais	93
4.2.7 Slide 08 - desenvolvimento final das veias subcardinais	96
4.2.8 Slide 09 - desenvolvimento inicial das veias supracardinais	98
4.2.9 Slide 10 - desenvolvimento final das veias cardinais anteriores e posteriores	101
4.2.9 Slide 11 - desenvolvimento final das veias subcardinais e supracardinais	102

5 EXPERIMENTAÇÃO E ANÁLISE DO PRODUTO	105
5.1 Metodologia	105
5.2 Resultados	107
5.2.1 Avaliação da aprendizagem- Análise dos resultados dos testes.....	107
5.2.2 Avaliação da utilização do material produzido- Relato de experiência	118
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	120
REFERÊNCIAS.....	123
APÊNDICE.....	127
APÊNDICE A - CD-Room.....	128
APÊNDICE B - APRESENTAÇÃO EM POWERPOINT SOBRE O SISTEMA CARDINAL PARA A TURMA ALFA	129
APÊNDICE C - APRESENTAÇÃO EM POWERPOINT SOBRE O SISTEMA CARDINAL PARA A TURMA GAMA.....	133
APÊNDICE D - TESTE DE RETENÇÃO E TRANSFERÊNCIA SOBRE O SISTEMA VENOSO CARDINAL PARA A MEMÓRIA DE CURTO PRAZO	135
APÊNDICE E -TESTE DE RETENÇÃO E TRANSFERÊNCIA SOBRE O SISTEMA VENOSO CARDINAL PARA A MEMÓRIA DE LONGO PRAZO.....	137
APÊNDICE F- NOTAS DAS QUESTÕES DO TESTE DA MEMÓRIA DE CURTO PRAZO DAS TURMAS ALFA E GAMA	139
APÊNDICE G - NOTAS DAS QUESTÕES DO TESTE DA MEMÓRIA DE LONGO PRAZO DAS TURMAS ALFA E GAMA	141

1 INTRODUÇÃO

A disciplina embriologia é de vital importância para alunos do curso de medicina, por ser à base de um dos eixos da formação médica, pois, explica a origem e desenvolvimento de todos os sistemas do organismo, que serão explorados em outras disciplinas da área em seus diversos aspectos. Portanto, seu conteúdo serve para a formação de esquemas mentais que serão empregados na compreensão de disciplinas como anatomia, fisiologia, histologia, dentre outras. Esquemas mentais correspondem ao conteúdo já armazenado na memória de longo prazo que pode ser acessado para compreensão de novos conteúdos de áreas afins. Podemos entender, desta forma, que a embriologia trata-se de uma disciplina de base que fornece subsídios imprescindíveis para o entendimento, acompanhamento e formação de esquemas mentais de outras disciplinas levando a compreensão destas.

Sabemos que o curso de medicina tem uma carga de conteúdo elevada e que exige grande esforço cognitivo dos alunos durante seu aprendizado. A embriologia é uma das disciplinas presentes nos currículos dos cursos médicos onde esta situação de grande esforço cognitivo pode ser vivenciada. O ensino de embriologia exige dos alunos um grande esforço para o entendimento de uma gama de conceitos complexos e muitas vezes abstratos, como é o caso da necessidade de visualização mental dos processos do desenvolvimento embrionário. É bem conhecida a dificuldade de aprendizado no ensino de embriologia geral por falta de recursos didáticos adequados (FREITAS *et al.*, 2008). Alguns trabalhos já ressaltaram a importância da elaboração de estratégias multidisciplinares e do uso de ferramentas de multimídia para facilitar o ensino de Embriologia (DUARTE, 2007).

Especialmente na disciplina de embriologia de sistemas encontramos certas dificuldades como: o número elevado de estruturas e a sequência de desenvolvimento dos tecidos e órgãos embrionários que modificam em uma ordem cronológica específica. Além disso, é necessário um conhecimento sobre a estrutura anatômica e espacial dos órgãos embriológicos em formação, bem como a compreensão dos mecanismos de degeneração tecidual (apoptose) e permanência dos órgãos para formar o indivíduo adulto. Envolve, ainda, mecanismos moleculares

que vêm sendo paulatinamente elucidados e incorporados ao conteúdo. Ressalta-se o fato dos nomes das estruturas embriológicas não serem termos comuns do cotidiano dos alunos. Portanto, a embriologia de sistemas pode ser classificada como uma disciplina de conteúdo essencial e complexo, ou seja, que requer muita informação para compreensão dos temas abordados. É uma disciplina de fundamental importância para o entendimento de outras disciplinas do curso de Medicina, por isso, é colocada no início da grade curricular, e, serve de alicerce e fundamenta a compreensão principalmente da fisiologia e da anatomia humana.

A Embriologia, assim como a Anatomia é uma ciência visual. Na maioria das vezes, os recursos didáticos utilizados para o ensino-aprendizagem de embriologia de sistemas envolvem apostilas e modelos anatômicos em gesso que permitem acompanhar o desenvolvimento inicial do embrião. Os modelos anatômicos em gesso são providos de cores que sequencialmente mostram as origens de tecidos e órgãos durante o desenvolvimento do embrião. Estes são compreendidos mentalmente pelo aluno à medida que o aluno faz os desenhos esquemáticos destes e indica suas estruturas. A utilização de vídeos, animações e de aulas expositivas com “data show” são outros meios possíveis de transmissão destes conteúdos oportunizando a interação e experimentação com conceitos abstratos. Vídeos e animações podem ajudar no entendimento dos movimentos morfogenéticos que ocorrem durante o desenvolvimento embrionário, melhorando a compreensão anatômico-espacial deste processo. Evidencia-se ainda, em alguns estágios do desenvolvimento, o emprego de fotomicrografias e eletromicrografias (MOORE; PERSAUD, 2009). Particular atenção é dada para os livros textos que, usando de figuras e textos, retratam o processo cronológico de desenvolvimento embrionário, e, correspondem ao material didático base para estudo pelos alunos. Autores e editoras empenham-se cada vez mais em lapidar tanto a parte do conteúdo do texto quanto à imagem que reflete a explicação de determinada sequência do conteúdo. Entretanto, ao analisarmos as figuras dos livros de embriologia notamos uma exacerbada quantidade de informações, tornando-as complexas e de difícil assimilação, por induzirem uma sobrecarga cognitiva na memória operacional dos aprendizes, especialmente dos iniciantes.

Portanto é evidente a importância da utilização de material multimodal diversificado para exposição dos conteúdos de embriologia, e, neste caso, passa a

ser de suma importância a escolha pelo professor das ferramentas didáticas adequadas para instruir corretamente o aluno e proporcionar a aprendizagem do tema a ser abordado.

Durante vários anos de experiência no ensino de embriologia de sistemas, observamos um grupo de problemas que acabam levando a um índice de aproveitamento pequeno no que diz respeito ao aprendizado deste conteúdo. Começamos pontuando os aspectos pedagógicos em que é estabelecido um programa de regime semestral e com um extenso conteúdo, que em sala de aula é refletido na forma de muita informação em pouco espaço de tempo. Este fato deixa as aulas pouco estimulantes, resultando no desinteresse dos alunos e como consequência temos um baixo aproveitamento no aprendizado que é o objetivo principal do programa. Aliado a este fator temos as características do livro didático de embriologia que procura estar o mais próximo possível do real utilizando tanto textos como figuras referentes aos conteúdos. Entretanto, a tentativa de colocar todas as informações de determinado segmento do conteúdo na representação das figuras, torna-as complexas e pouco didáticas e o aluno passa a ter dificuldade de enxergar cognitivamente as sequências representadas pelas figuras. De acordo com o Conselho Nacional de pesquisa dos Estados Unidos boa parte dos currículos, livros e metodologia estão voltadas para memorização e os testes, ou seja, as avaliações que os alunos fazem durante o semestre, avaliam a quantidade de itens recordados, com pouco interesse para os testes de transferência (CONSELHO NACIONAL DE PESQUISA DOS ESTADOS UNIDOS, 2007, p.23). Isto acontece com bastante frequência no ensino de embriologia pelas próprias características dos conteúdos desta disciplina. Assim, muitos problemas precisam ser estudados e enfrentados para permitir um melhor rendimento cognitivo no ensino de embriologia. Neste sentido, esta dissertação propõe alterações nas figuras empregadas no ensino de embriologia, mais especificamente no ensino do desenvolvimento do sistema cardinal, com a intenção de diminuir o número de informações tornando-as alinhadas ao processamento cognitivo do aluno iniciante, facilitando assim a aprendizagem.

Os recursos cognitivos dos alunos iniciantes na área de embriologia são pequenos, o que se torna uma vantagem por não dificultar a aprendizagem de novas informações (CONSELHO NACIONAL DE PESQUISA DOS ESTADOS UNIDOS,

2007, p. 99). Por isso, se o professor empregar materiais instrucionais adequados que aproveitam desta característica, viabilizará mais facilmente as informações e possibilitará a aplicação destas em situações diferentes.

O alinhamento dos recursos multimodais com os mecanismos de processamento cognitivo vem sendo objeto de estudo das áreas de psicologia e neurociência cognitivas. A psicologia cognitiva mostra que o processamento mental da informação é feito na memória operacional, que tem limitada capacidade de analisar a informação. A memória operacional busca recursos cognitivos da memória de longo prazo e identifica o que é importante sobre o conhecimento que está chegando do meio externo. No final do processamento tem-se um modelo mental sobre a informação. Este modelo mental torna-se parte da memória de longo prazo. Segundo Eysenck e Keane (2007) a relação dos tipos de memória e seus respectivos circuitos nos órgãos encefálicos, bem como o conhecimento fisiológico e molecular destes processos são estudados pelas neurociências (EYSENCK; KEANE, 2007, p.28). De acordo com o Conselho Nacional de Pesquisas dos Estados Unidos:

A neurociência começa a fornecer provas dos diversos princípios de aprendizagem que surgiram a partir da pesquisa de laboratórios, esta mostrando como a aprendizagem modifica a estrutura física do cérebro e, por meio disso, a sua organização funcional. (CONSELHO NACIONAL DE PESQUISA DOS ESTADOS UNIDOS, 2007, p.20)

O estudo de atuais materiais didáticos a luz destes conhecimentos mostram uma sobrecarga cognitiva extrínseca e intrínseca elevada, o que dificulta o aprendizado do conteúdo. Figuras e texto trazem grande volume de informações difíceis de serem processadas pela mente humana, gerando uma sobrecarga cognitiva, segundo Sweller:

“Carga cognitiva extrínseca é causada pelo desenvolvimento instrucional inapropriado que ignora os limites da memória operacional e falha em focar os recursos da memória operacional na construção e automação de esquemas”. (SWELLER, 2005, p.26).

A redução dessa sobrecarga está intimamente relacionada com os processos mentais, inicialmente a memória de curto prazo que retém das informações externas, uma média de sete mais ou menos dois elementos destas informações

(STERNBERG, 2008, p. 164), que são processadas na memória operacional, e o modelo mental deste processamento é armazenado na memória de longo prazo.

Neste trabalho aplicaremos os princípios da Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimodal (TCAM) desenvolvida por Schontz e Bannert citado por Mayer (2005b) para estruturar materiais instrucionais que permitam melhor retenção e transferência de conhecimento. Ao introduzirmos o uso destes conhecimentos na confecção de materiais instrucionais para o ensino do conteúdo de embriologia de sistemas estaremos diminuindo sobrecargas e favorecendo o processamento mental da informação essencial do conteúdo. Desta forma estaremos também contribuindo para alicerçar novas didáticas no ensino de biologia.

Portanto, a presente dissertação tem por objetivo principal a produção de um material de apoio didático para professores visando o ensino/aprendizagem de Embriologia, especificamente do desenvolvimento do sistema cardinal. Para alcançar este objetivo nos propusemos a:

- Buscar referencial teórico-metodológico para análise e produção da relação texto imagem no ensino;
- Analisar as relações texto-imagem em livros didáticos de Embriologia;
- Identificar o tratamento usual da relação texto-imagem nos livros de embriologia.
- Produzir o material didático de apoio para o professor visando o ensino/aprendizagem do desenvolvimento embrionário do sistema cardinal;
- Experimentar o material didático produzido;

Para isso, organizamos nosso trabalho em seis capítulos descritos da seguinte forma:

a) Neste capítulo introdutório, fizemos uma pequena introdução do trabalho levantando nossa problemática, argumentando sobre a relevância do tema e apresentando nossos objetivos.

b) O segundo capítulo traz o referencial teórico adotado sendo importante para fundamentação e estruturação do tema abordado na dissertação. Foram selecionados e analisados 10 livros e 6 artigos referente a psicologia cognitiva e neurociências. Estes mostram o embasamento de construção da TCAM e sua relação com a neurofisiologia cerebral conhecidos atualmente.

c) O terceiro capítulo apresenta a análise de imagens nos livros didáticos de

Embriologia quanto aos tipos de imagens e suas funções didáticas.

d) O quarto capítulo é dedicado ao processo de elaboração do produto educacional, que consiste em um material didático favorável ao ensino aprendizagem do desenvolvimento embrionário do sistema cardinal.

e) O quinto capítulo relata a experiência referente à aplicação do produto educacional. O local, o perfil das turmas, a estratégia e a análise da aplicação do produto.

f) Finalizando o trabalho, fazem-se as considerações finais, baseando-se na análise dos capítulos apresentados.

2 MECANISMOS DOS PROCESSOS COGNITIVOS

O presente trabalho tem como objetivo indicar um caminho que permita a produção de materiais didáticos voltados para o ensino de Embriologia de Sistemas de forma a proporcionar melhor desempenho do aluno na aprendizagem deste assunto. Muitos modelos didáticos atuais procuram fazer integração entre as novas descobertas no campo de ciências cognitivas e as didáticas de ensino. As didáticas de ensino podem ser melhoradas quando se leva em consideração os modelos baseados em como nosso cérebro desenvolve uma linha de raciocínio para compreensão de determinado conteúdo e os mecanismos pelos quais estas informações são recebidas, encaminhadas, armazenadas e evocadas quando necessário. Sendo assim, nossa proposta tem como referencial teórico os conteúdos da psicologia cognitiva e das neurociências cognitivas.

No campo da psicologia cognitiva, suas idéias principais sobre compreensão de texto e figura podem ser encontradas no livro “The Cambridge Handbook of Multimídia Learning” (MAYER, 2005a, p.49). Este livro corresponde a um conjunto de capítulos voltados para o estudo do uso de multimídias no ensino e de como o aprendizado é desenvolvido de acordo com a multimídia utilizada, indicando parâmetros que podem servir para construção de materiais didáticos que conferem mais eficiência na aprendizagem. Destacamos aqui o Capítulo 4 - “Teoria Cognitiva de Aprendizagem Multimídia” que se refere aos princípios que norteiam esta dissertação, uma vez que o ensino do nosso tema - Embriologia - desenvolvimento de veias cardinais - quase sempre emprega textos e figuras para facilitar a sua compreensão. Utilizamos também como suporte artigos e livros de Psicologia Cognitiva de Robert Sternberg (2008, p. 156-190) e o Manual de Psicologia Cognitiva de Michael W. Eysenck e Mark T. Keane (2007, p. 187), que explicitam sobre mecanismos de memória e aprendizagem.

Outro referencial teórico que utilizamos relaciona os avanços da neurociência e da psicologia cognitiva com os mecanismos fisiológicos, anatômicos, citológicos e moleculares, descrevendo o que se conhece sobre como o nosso cérebro funciona, indicando principais partes encefálicas, células, substâncias químicas, circuitos neuronais e mecanismos que participam da formação, consolidação e evocação da

memória (LENT, 2008, p.242; GAZZANIGA; IVRY; MANGUN, 2006, p.320).

Diante do exposto, neste trabalho os princípios e as idéias da psicologia cognitiva e da neurociência são empregados na construção de um produto didático para o ensino de Embriologia de Sistemas. Acreditamos que ao colocar estas idéias a favor da construção de materiais instrucionais estaremos avançando na melhoria do ensino de Biologia, mais especificamente de Embriologia.

A presente dissertação propõe a hipótese de que a aplicação de informações da neurociência e psicologia cognitivas na construção de tecnologias instrucionais possa determinar melhores resultados de aprendizagem para os alunos em relação aos métodos tradicionais. Para avançar nesta hipótese, este capítulo traz uma revisão da literatura de conceitos e temas importantes. O levantamento e o entendimento destes conceitos e temas foram essenciais para fundamentar, estruturar e favorecer a definição de contornos mais precisos do tema da dissertação aqui apresentada. Iniciamos pelo desenvolvimento do sistema nervoso, indicando referenciais sobre estruturas relacionadas à memória e aprendizado seguido das características das células nervosas. Com o conhecimento do sistema nervoso, relacionamos em seguida as estruturas nervosas com seu funcionamento cognitivo utilizando as descobertas das neurociências e finalizamos abordando as principais características da Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimídia.

2.1 O Sistema Nervoso

A cognição tem como estrutura centralizadora o cérebro. Tanto estímulos externos quanto internos são analisados em um complexo conjunto de órgãos que nos permitem a compreensão do mundo. Conhecer sobre as estruturas encefálicas, seu desenvolvimento embrionário, evolutivo e cognitivo são pontos importantes para entendermos o processamento do conhecimento nestas estruturas e como aplicar estes dados para obter novos conhecimentos (LENT, 2008, p 59- 62).

Durante a evolução, a formação do neocórtex permitiu a seleção pelo ambiente de animais mais complexos. O desenvolvimento embrionário mostra que o surgimento, a organização e o aumento de complexidade das células nervosas

foram fatores importantes para a formação de circuitos cerebrais elaborados permitindo nossa diferenciação em relação a outros animais e nossa diferenciação como pessoas cognitivamente diferentes apesar de termos os mesmos padrões de processamento da informação. A responsabilidade por essas diferenças reside no ambiente em que vivemos e na experiência que passamos que pode ser notado a nível evolutivo e cognitivo devido justamente às diferenças existentes entre nós (dentro do mesmo grupo) e os outros grupos animais. Designar estruturas cerebrais específicas responsáveis pelas etapas da formação do conhecimento é algo complexo, entretanto, as tecnologias atuais vêm desvendando e elucidando esta intrincada cadeia de associações entre as estruturas cerebrais que permitem nossa cognição. Neste campo do conhecimento, a relação entre regiões cerebrais e o tipo de função cognitiva aos quais estão associadas, os circuitos de formação dos diversos tipos de memória, as formas de representações mentais, os filtros cognitivos dentre outros mecanismos, estabelece vínculos entre a psicologia cognitiva e as neurociências. Se estudarmos as descobertas nestas áreas do conhecimento e o aplicarmos na didática, poderemos criar ferramentas educativas que venham contribuir para um ensino mais próximo das capacidades cognitivas humanas. A seguir, abordaremos os principais momentos do desenvolvimento embriológico do sistema nervoso com indicações sobre a parte cognitiva, o estudo das estruturas que formam o sistema nervoso, as características das células nervosas e finalizamos explicando os tipos de memória e o que se conhece atualmente sobre a relação destas com as estruturas cerebrais. É justamente durante este período de desenvolvimento, ou seja, o período embrionário que os neurônios são formados e começam a originar conexões entre eles e entre as regiões cerebrais que permitem a cognição. Deste modo, a arquitetura cerebral que permite nosso aprendizado é formada durante o desenvolvimento embrionário, o que se justifica sua explicação como componente do referencial teórico desta dissertação. Depois de formada a arquitetura cerebral, o seu amadurecimento permite diversos níveis cognitivos que encontramos nas pessoas (GOTZ *apud* LUNDY-ERMAN, 2008, p. 76).

A gênese das células nervosas é proveniente da camada interna das vesículas formadas no início do desenvolvimento embrionário, denominada de camada ventricular ou camada germinativa. Células desta camada passam por

mitoses e diferenciam-se em neurônios (neurogênese) e células da glia (gliogênese). Em seguida começam sua migração radial para sua posição final, guiada pelas células gliais. O direcionamento da migração requer moléculas sinalizadoras para que os neurônios encontrem seus locais alvos e façam sinapses excitatórias ou inibitórias (KOLB; WHISHAW, 2002, p.250). Neurônios que não atingem seu local alvo e não fazem sinapses morrem por apoptose, o que equivale a mais da metade dos neurônios produzidos. Este fato está relacionado com o desenvolvimento da cognição humana, pois as sinapses permitem a formação de circuitos cerebrais relacionados ao aprendizado, e memorização decorre em parte das modificações sinápticas. Muitas sinapses são produzidas durante o desenvolvimento embrionário, mas boa parte destas é eliminada por um mecanismo de desbastamento sináptico, em que, sinapses que não chegam a participar de circuitos neurais são eliminadas (KOLB; WHISHAW, 2002, p.252). Notamos que desde o início do desenvolvimento embrionário do sistema nervoso são formadas sinapses, que são importantes na cognição, por permitir a comunicação entre os neurônios. Os estímulos para formação dos circuitos e sinapses são moléculas sinalizadoras, o ambiente e a experiência. Nascermos “cerebralmente” imaturos, um dos motivos é o tamanho relativo da cabeça para passar pelo canal cervical, que teria de ser maior para cérebros maduros, outro motivo, é o tempo de gestação prolongado, para que as células nervosas possam amadurecer. O tempo prolongado de gestação para permitir o amadurecimento do cérebro, inviabilizaria a sobrevivência dos outros sistemas (LENT, 2008, p.106; CARLSON, 2002, p. 20 e KOLB; WHISHAW 2002, p.28). Após o nascimento, são importantes os estímulos visuais, auditivos e emocionais, intrínsecos e extrínsecos para que as sinapses produzidas durante o desenvolvimento embrionário sejam fixadas, o que diminuiria a quantidade de neurônios que entrariam em apoptose, determinando no adulto melhor desenvolvimento motor e cognitivo. Denominam-se períodos críticos após o nascimento, as habilidades que podem ser desenvolvidas pelo cérebro, que depois não são mais conseguidas. Por exemplo, o período crítico para a visão corresponde aos seis primeiros meses de vida onde a estimulação externa consolida sinapses que permitem a visão normal. Segundo Lundy-Ekman:

Os períodos críticos são épocas durante as quais os axônios estão competindo pelos locais sinápticos. A função normal dos sistemas neurais é

dependente de experiência apropriada durante o período crítico. (Lundy-Ekman, Laurie, 2008, p.84). ... Durante os períodos críticos, a experiência regula a competição entre os estímulos, afetando a atividade elétrica, os mecanismos moleculares e a ação inibidora que produz alterações estruturais permanentes no sistema nervoso (HENSCH *apud* LUNDY-EKMAN, 2008, p.84).

Especial atenção é dada para o desenvolvimento do córtex cerebral, o neocórtex, camada mais recente da evolução do sistema nervoso, e o córtex mais antigo, o córtex cerebral límbico. Durante o desenvolvimento embrionário, dois tipos de neurônios são formados e migram para a região que formará o córtex cerebral. Células formadas primeiro migram para regiões mais internas do córtex cerebral, as mais recentemente formadas, passam pelas camadas já formadas e se instalam na região superficial do córtex cerebral (LENT, 2008, p.57), (GAZZANIGA; IVRY; MANGUN, 2006, p.653). Durante o processamento da informação proveniente do meio externo, o cérebro utiliza ao mesmo tempo de estimulação e inibição em diferentes regiões cerebrais, como meio de entender a informação. É o que acontece quando é dada atenção ou nos concentramos para um segmento da informação em detrimento das outras informações quando estamos recebendo um novo conhecimento. O córtex cerebral completamente formado consta de seis camadas celulares. As camadas II, III e IV são aferentes. Funcionalmente estímulos aferentes chegam à camada IV e se dispersam para superfície e partes profundas do córtex. As camadas I e II recebem estímulos de regiões subcorticais, e as camadas II e III enviam estímulos para lado opostos do cérebro via corpo caloso. As camadas V e VI enviam axônios para regiões subcorticais e medulares, funcionando como vias eferentes. As camadas I, II e III fazem conexões associativas dentro do próprio córtex cerebral (GUYTON; HALL, 2006, p.74). Observe a Figura 1 que mostra as camadas de integração, entrada e saída de informações do córtex cerebral. As conexões entre estas camadas aos poucos vem sendo elucidadas no sentido de entendimento de quais órgãos cerebrais e quais vias nervosas aferentes e eferentes o cérebro utiliza para formar a cognição, por exemplo, na formação da memória e no aprendizado de uma nova informação. Indicações destes caminhos são mostradas ao longo desta dissertação.

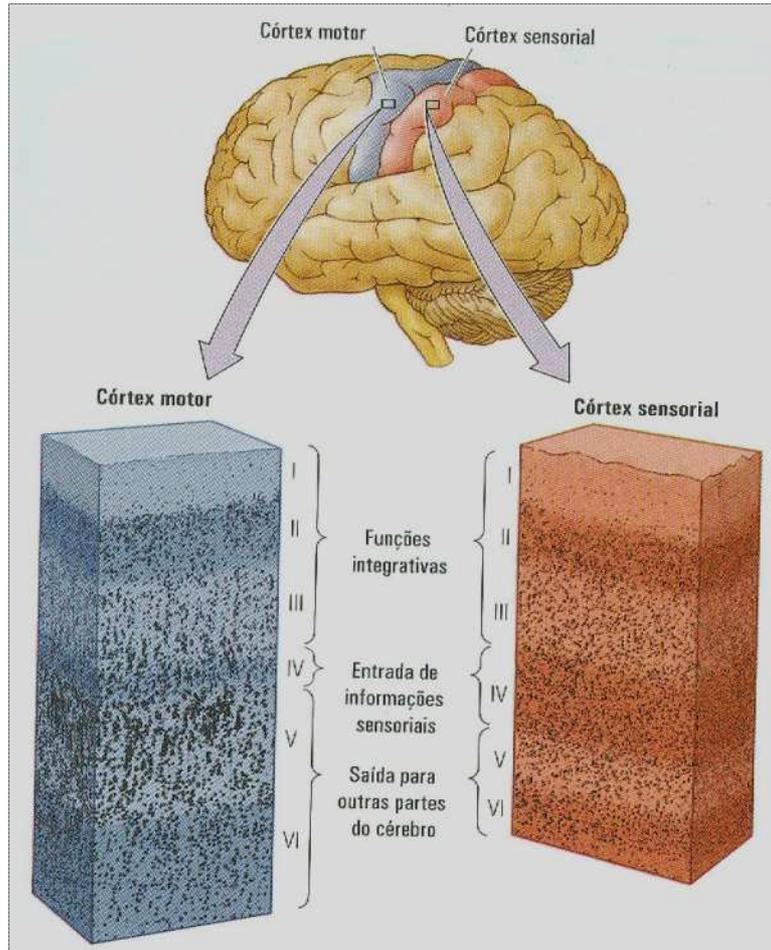


Figura 1: Distribuição das camadas do córtex cerebral com regiões de entrada e saída de circuitos neuronais, que permitem comunicações entre regiões diversas do cérebro, com formação de circuitos que representam a cognição. Aos poucos estes circuitos estão sendo elucidados pela neurociência e psicologia cognitivas.

Fonte: Kolb; Wishaw, 2002

Deste modo, durante o desenvolvimento embrionário, a formação e o posicionamento dos neurônios são de fundamental importância para promover a cognição, pois, como explicado anteriormente, esta organização permite a entrada e saída de informações que em termos cognitivos referem-se ao processamento das informações que chegam da memória sensorial, a formação de representações proposicionais, representações mentais e modelos mentais, assim como as memórias que são evocadas quando do processamento mental da informação. Daí a importância de se conhecer as principais partes que compõem o sistema nervoso.

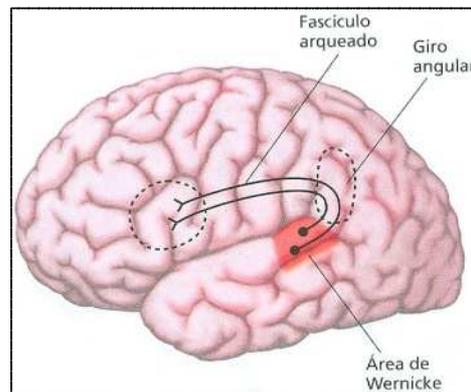
O cérebro humano está cheio de dobras e sulcos que aumentam a superfície do córtex cerebral chegando a mais ou menos 2.360 cm^2 e espessura média de 3 mm (CARLSON, 2002, p.77). Além do aumento de superfície, as dobras

proporcionam menores distâncias entre os axônios intracorticais reduzindo o tempo de transmissão do impulso entre eles, permitindo melhor desempenho cortical. Durante a evocação da memória de longo prazo, várias áreas cerebrais são acessadas, e neste caso, distâncias menores entre estas áreas facilitam a conexão entre elas e a recordação da memória, o que nos dá melhor cognição. Novamente vemos neste ponto fatores que facilitam a comunicação entre os neurônios e por sua vez a cognição. Podemos citar como fatores que ocorrem durante o desenvolvimento embrionário que contribuem para o incremento da cognição os seguintes mecanismos:

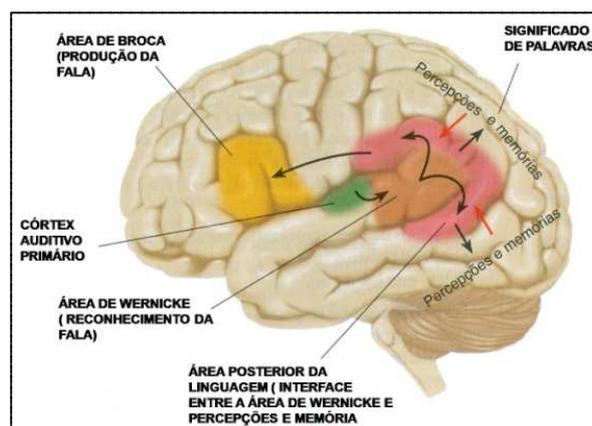
- multiplicação e crescimento dos neurônios
- formação das sinapses e início de sua fixação
- migração de neurônios para áreas específicas do cérebro
- desenvolvimento de dobras e sulcos no córtex cerebral, que diminui a distância entre as regiões cerebrais
- apoptose de neurônios e desbaste de sinapses.
- Desenvolvimento de circuitos neurais entre as regiões cerebrais

De acordo com aspectos funcionais o córtex cerebral pode ser dividido em sensitivo/ motor e primário/secundário. Áreas primárias recebem informações, que são então enviadas para áreas secundárias onde são processadas, determinando significado recebido pelas áreas primárias (GUYTON; HALL, 2006, p.716). Estabelecem-se ainda áreas do córtex caracterizadas como associativas, pois integram informações e formam complexos padrões que nos permitem ações complexas. A área associativa parieto-occitotemporal está relacionada com a compreensão espacial, compreensão e processamento da linguagem e nomeação de objetos. A área de Wernicke, situada atrás do córtex auditivo primário e que está em íntima associação com as áreas auditivas primárias e secundárias do lobo temporal, é responsável pela compreensão da linguagem. Permite a análise de sons e fala e deste modo o reconhecimento de palavras. A compreensão da linguagem visual é feita pelo giro angular, situado entre o tronco encefálico e o neocórtex. A área de associação pré-frontal está relacionada com coordenação de movimentos complexos, elaboração de pensamentos e armazenamento da memória de curto prazo - a memória operacional. A área de Broca, indicada pela seta na Figura 2(a), está envolvida nas conexões neurais de formação da palavra falada. Se

imaginarmos que estamos falando palavras, ocorre ativação desta área que tem íntima ligação com a área de Wernicke. Esta ligação garante a memória de curta duração operacional, pelo fato das informações irem e voltarem em sua análise. Se imaginarmos que estamos ouvindo as palavras, ocorre ativação da área auditiva de associação temporal. Como veremos posteriormente, estas áreas podem ser associadas à memória de curto prazo, memória operacional e memória de longo prazo, permitindo a formação do processamento do canal verbal para texto escrito ou narrado e canal visual para interpretação de figuras quando da análise da mensagem instrucional. Neurociência e psicologia cognitivas aos poucos vêm elucidando os caminhos percorridos para interpretação da informação.



(a)



(b)

Figura 2: Relação funcional cognitiva de algumas áreas cerebrais. Na Figura (a) a relação da área de broca e área de Wernicke na interpretação da linguagem. A Figura (b) evidencia a relação de áreas cerebrais relacionadas à audição, fala e interpretação da linguagem e regiões cerebrais relacionadas às memórias destas funções.

Fontes: Figura (a): Gazzaniga; Ivry; Mangun, 2006; Figura (b) Adaptado de Carlson, 2002

A região mais antiga do córtex cerebral é o sistema límbico que corresponde a um grupo de estruturas constituído pelo giro do cíngulo, hipocampo e amígdala. O cíngulo está relacionado com o comportamento emocional e o hipocampo com a memória e o aprendizado. Boa parte dos estudos de potenciação de longa duração foi realizada utilizando-se do hipocampo, estando relacionado com a consolidação da memória. A amígdala está relacionada às memórias emocionais, de acordo com Sternberg “[...] *quanto mais carregado emocionalmente for a memória emocional, maior a probabilidade de que ela venha a ser recuperada posteriormente.*” (STERNBERG, 2008, p.184). Os núcleos da base funcionam no controle motor e aspectos relacionados com o processamento da memória de curta duração pelo córtex pré-frontal e funções executivas. De acordo com Gazzaniga Ivry e Mangun (2006), as funções executivas:

Refere-se a um grupo de operações cognitivas superiores essenciais para a produção do comportamento orientado por um objetivo. Funções executivas envolvem a manutenção e manipulação de informação que é essencial para o manejo de situações nas quais a resposta apropriada não é ditada pela informação do estímulo corrente. Inclui processos como memória de trabalho, representação e planejamento objetivo, monitoramento de resposta e detecção de erro. (GAZZANIGA; IVRY; MANGUN, 2006, p.737).

O mesencéfalo, o cérebro medial, é dividido em teto e tegmento (CARLSON, 2002, p.84). O teto é constituído pelos colículos superiores e inferiores, que fazem parte dos sistemas visuais e auditivos respectivamente, que na psicologia cognitiva, estão relacionados ao canal pictórico e canal auditivo. O tegmento contém vários núcleos com funções relacionadas ao movimento. Assim o núcleo rubro controla os movimentos dos olhos, mecanismo importante para explicação da atenção dividida, quando da apresentação inadequada de um material multimídia.

O tronco encefálico é o termo utilizado para o conjunto de mesencéfalo, metencéfalo e mielencéfalo (GAZZANIGA; IVRY; MANGUN, 2006, p.107). O metencéfalo é formado pela ponte e o cerebelo. A ponte está relacionada com o sono e vigília, envia sinais do córtex cerebral para o cerebelo, tem núcleos com função auditiva e de equilíbrio. No nível cognitivo, o período de sono tem íntima relação com a aprendizagem, porque o sono REM (movimento rápido dos olhos) está relacionado com a consolidação da memória. A explicação para este fato está em uma aprendizagem rápida que é armazenada no hipocampo que é reativada

durante o período do sono, ocorrendo isso repetidas vezes permitindo uma melhor consolidação da memória (STERNBERG, 2008, p.194). Isto significa que a repetição do que foi aprendido e períodos corretos de sono são importantes para aprendizagem.

O cerebelo a nível cognitivo está relacionado à recordação de respostas condicionadas, além disso, parece estar relacionado com a alça fonológica da memória operacional. Ele parece estar ativo na articulação mental da palavra (GAZZANIGA; IVRY; MANGUN, 2006, p.535).

2.2 As Células Nervosas

Neurônios adultos são formados de dendritos, corpo celular e axônio. Os dendritos recebem os impulsos nervosos e sua membrana em resposta a estímulos químicos, pode despolarizar ou hiperpolarizar, caracterizando assim neurônios excitatórios ou inibitórios. Sua plasticidade em resposta a estímulos é notável, estão intimamente relacionados com a formação da memória de curta duração e de longo prazo por formarem espinhas dendríticas cuja membrana é mais espessa, passando por modificações quando do fortalecimento das sinapses. Os dendritos formam áreas ativas que emitem projeções que culminam com formação de mais botões terminais, favorecendo o desenvolvimento da memória de longo prazo (CARLSON, 2002, p.436). O corpo celular é a região do neurônio em que está o núcleo e a maior parte das organelas. Ele está intimamente relacionado à síntese de neurotransmissores e ativação de sequências gênicas que garantem a consolidação da memória de longo prazo. Um único e longo prolongamento forma o axônio cujas terminações formam botões terminais, ricos em vesículas com neurotransmissores e que são liberadas nas fendas sinápticas para passagem dos impulsos nervosos com suas informações neurais.

Os neurônios utilizam suas espinhas dendríticas para recolher informações e então decidem de forma não arbitrária, como deve ser encaminhada a resposta enviada para o seu único axônio. O neurônio armazena e sintetiza informações de acordo com o momento. O axônio com suas ramificações terminais podem enviar a

resposta de volta ao neurônio que lhe deu o estímulo ou para um neurônio diferente, indicando uma complexa relação de comunicação entre eles. Como um neurônio recebe muitas informações, a resposta que este desenvolverá corresponde ao somatório de sinapses excitatórias ou inibitórias, estimulando ou impedindo desta forma a passagem do impulso nervoso (CARLSON, 2002, p.491).

2.3 A Memória

Chamamos de memória a aquisição, codificação, armazenamento e evocação das informações. A aquisição das informações é denominada de aprendizagem. “*O aprendizado acontece quando uma memória é criada ou é reforçada pela repetição*” (GAZZANIGA; IVRY; MANGUN, 2006, p.320). A aprendizagem muda nosso sistema nervoso. De acordo com psicólogos cognitivos a codificação envolve a passagem de informações sensoriais para representações mentais, que fisiologicamente corresponde a mudanças nos circuitos neurais e sinapses, o que caracteriza também a armazenagem da informação com modificações mais profundas da plasticidade neural que retém a informação, permitindo sua consolidação. Aos mecanismos de recobramento da informação estabelecida na armazenagem é denominado evocação. Tanto na codificação quanto na evocação são feitas traduções que envolvem fenômenos elétricos, bioquímicos e estruturais da massa neuronal cerebral. O cérebro usa de sinapses excitatórias e inibitórias para aprendermos e evocarmos o que aprendemos, utiliza de memórias para selecionar novas informações, o que indica novas aprendizagens. “*A memória é o meio pelo qual mantemos e acessamos nossas experiências passadas para usar a informação no presente*” (TULVING *apud* STERNBERG, 2008, p.156).

O somatório de sinapses excitatórias e inibitórias para um dado estímulo determina o caminho a ser seguido pelo impulso nervoso nas diversas áreas cerebrais, e desta maneira a resposta que deve ser apresentada a este estímulo.

A utilização da memória permite a reestruturação das memórias já existentes e sua contínua transformação, evidenciando um processo dinâmico de construção do conhecimento.

Desde a formação do cérebro humano, um conjunto de comunicações feitas por moléculas sinalizadoras, determina o sincronismo no desenvolvimento de suas diversas regiões. Como explicado anteriormente são produzidos muitos neurônios, e estes, se estimulados desenvolvem conexões e crescem, mas se não estimulados são eliminados. A multiplicação, o crescimento e formação de conexões entre os neurônios, são regidos pelo genoma do indivíduo e sofrem grande influência do ambiente, indicando a plasticidade do sistema nervoso. Este tipo de plasticidade diminui após o nascimento, mas o indivíduo adulto passa a apresentar uma neuroplasticidade resultante dos diversos canais de entrada sensorial que o organismo possui que estimula os neurônios já existentes a trabalharem de forma um pouco diferente, alterando em parte sua morfologia e fisiologia para padrões relacionados com a memória. Durante o desenvolvimento embrionário, uma vez constituídos os hemisférios cerebrais, um montante destas informações é articulado para um dos hemisférios, tornando-o hemisfério dominante. Em mais de 90% das pessoas corresponde ao hemisfério esquerdo. Provavelmente isto acontece porque ao nascermos o lobo temporal posterior esquerdo é mais desenvolvido que o direito, e na medida em que a atenção é dada as novas informações que chegam, elas são encaminhadas para o lobo esquerdo, o que faz o aprendizado ser maior deste lado, tornando o hemisfério esquerdo o lado dominante (GUYTON; HALL, 2006, p.719).

Durante o crescimento dos neurônios, estes estão conectando-se um com o outro, em sinapses e circuitos neurais que determinam ao indivíduo a base de sua cognição. Daí para frente, mecanismos neurais que regulam sua aprendizagem fica por conta do desenvolvimento de linhas nervosas, com aumento na complexidade de suas sinapses, juntamente com o trabalho integrado das várias áreas cerebrais, no recebimento, interpretação e compreensão das informações provenientes do meio externo. Informações estas, que fomentam o desenvolvimento intelectual cerebral, mostram a experiência em áreas específicas, ampliam o conhecimento e o discernimento de características nesta área específica (GAZZANIGA; IVRY; MANGUN, 2006, p.660).

A integração de áreas cerebrais na formação e compreensão da informação evidencia a complexidade de como ocorre à interpretação de determinado conhecimento, e como este exerce influência em regiões diferentes do córtex cerebral. Na compreensão de figuras e palavras, várias regiões cerebrais são

ativadas e integradas, formando circuitos neurais que caracterizam o aprendizado e a memória. Não há uma área específica representando a interpretação de figuras e palavras, mas o córtex visual está relacionado à interpretação de imagem e texto escrito, o córtex auditivo relacionado com a interpretação de sons e os lobos pré-frontais relacionados com a memória operacional (GAZZANIGA; IVRY; MANGUN, 2006, p.522), (EYSENCK; KEANE, 2007, p.198); a região do hipocampo relacionada a memória de longo prazo (STERNBERG, 2008, p.194); a amígdala, a área de Wernicke e a área de Broca relacionadas a interpretação da linguagem (GAZZANIGA; IVRY; MANGUN, 2006, p.402). Estas são áreas cerebrais utilizadas na interpretação de figuras e palavras.

O estudo da resposta que o indivíduo dá ao modo de entrada da informação através de partes sensoriais permite desenvolver métodos didáticos que promovam aprendizado e formação de memória. Circuitos neuronais e plasticidade dos neurônios permitem o armazenamento da informação e sua solicitação sempre que for necessário. No adulto, as modificações que ocorrem nas sinapses são a base para formação da memória, e por consequência da cognição. (LENT, 2008, p.113).

Fisiologicamente explicam-se três tipos de memória: a memória de curto prazo, a memória de médio prazo e a memória de longo prazo (GUYTON; HALL, 2006, p.723). Antes da formação destas memórias, as informações entram principalmente pelos olhos e ouvidos, forma-se uma **memória imediata ou sensorial**, que tem uma grande capacidade, porém com curtíssimo tempo de duração e não se encontra conscientemente disponível. É subdividida em memória sensorial icônica, proveniente da visão, e memória sensorial auditiva, referente às informações da via auditiva. A memória icônica é perdida em um tempo de mais ou menos 500 milissegundos devido à chegada de novas informações que apagam a memória icônica recente antes que esta seja transferida para a memória de curto prazo (STERNBERG, 2008, p.163). A memória sensorial auditiva pode durar 10 segundos. Os itens que são selecionados da memória icônica e da memória auditiva são passados para a memória de curto prazo (GAZZANIGA; IVRY; MANGUN, 2006, p.325).

A **memória de curto prazo** corresponde ao grupo de informações que são retidas a partir da memória imediata ou sensorial e permitem que estas ou algumas destas informações sejam processadas para passar para memória de longo prazo.

Informações que podem ser retidas por 30 segundos a um minuto em média e sendo retidos de 7 mais ou menos 2 elementos (STERNBERG, 2008, p.164) e visualmente por volta de 4 objetos (MILLER, 1956 *apud* STERNBERG, 2008, p.164, 165). A memória de curta duração é limitada e acessível ao comportamento consciente e sua codificação é basicamente de natureza acústica. O modelo modal de Atkinson e Shiffrin propõe uma hierarquia no processamento da informação, que segue a **memória sensorial**, **memória de curta duração** e armazenamento na **memória de longo prazo**. A memória de curto prazo sofre influência da interferência e do decaimento. A interferência ocorre pelo fato de que, lembrar palavras interfere nas recordações de outras, e o decaimento em que as informações uma vez não utilizadas se deterioram gradualmente. Ocorre influência também na forma pela qual é processada para a memória de longo prazo, isto é, quando mais importante o significado da informação na memória de curto prazo mais profundamente esta informação é processada, sendo consolidada e armazenada na memória de longo prazo. Este modelo corresponde ao modelo dos níveis de processamento e mostra que o modo pelo qual a informação é processada compromete a maneira pela qual é recordada (STERNBERG, 2008, p.166). Com o desenvolvimento das pesquisas neurocognitivas, evidenciou-se falhas referentes ao modelo da memória de curto prazo. A história de H.M. que sofria de epilepsia, e fez cirurgia onde houve a retirada bilateral do lobo temporal medial, mostrou que sua memória de curta duração se manteve íntegra, entretanto, ela perdeu a habilidade para formar novas memórias de longa duração (GAZZANIGA; IVRY; MANGUN, 2006, p.327, 336, 344) e (EYSENCK; KEANE, 2007, p.238; 246). Já o paciente E.E. que tinha um tumor localizado no giro angular esquerdo, após a remoção do tumor, apresentou memória de curto prazo abaixo do normal, mas preservou a memória de longo prazo. Estes dois pacientes mostram que a memória de curto prazo não é a via de entrada para a memória de longo prazo (GAZZANIGA; IVRY; MANGUN, 2006, p.328). É aceito atualmente o modelo de **memória operacional** proposto por Baddeley, que supre deficiências encontradas na memória de curto prazo. (BADDELEY *apud* GAZZANIGA; IVRY; MANGUN, 2006, p.329).

A **memória operacional** proposta por Baddeley citado por Gazzaniga, Ivry e Mangun (2006) envolve elementos que trabalham em conjunto mais com dependência de um mecanismo central, que controla e coordena estes vários

elementos. Estes elementos movimentam informações recentemente retidas na memória de curto prazo, que dura por um tempo de segundos a minutos, ativando a memória de longo prazo e relacionando-as com as informações obtidas da memória sensorial. Um dos elementos é a alça fonológica que utiliza um código acústico para repetição da informação e é subdividido em dois componentes, um que guarda as informações fonológicas na memória e outro que *“tem parte no ensaio subvocal dos itens a serem lembrados em um curto período de tempo”* (GAZZANIGA; IVRY; MANGUN, 2006, p.330). De acordo com Sternberg (2008, p.168), sem esta alça, a informação acústica se perderia por volta de dois segundos. Se as palavras forem recitadas, elas passam por um controle de processo articulatório para terem um armazenamento fonológico sendo, portanto, uma via indireta de acesso ao armazenamento fonológico. Se a palavra é ouvida ela entra direto para o armazenamento fonológico. Estas descobertas estão relacionadas com o fato de que em uma lista de palavras, aquelas que são fonologicamente similares são mais difíceis de serem repetidas do que as não similares, e quanto maior o tamanho da palavra maior o tempo para a memorização desta. As áreas cerebrais envolvidas na alça fonológica para armazenamento fonológico correspondem à região parietal inferior esquerda e a recitação (processo articulatório subvocal) está na área pré-frontal esquerda (EYSENCK; KEANE, 2007, p.198).



Figura 3: Estrutura da memória operacional, indicando os principais componentes e a relação entre eles.

Fonte: Eysenck; Keane, 2007

Um segundo elemento da memória de trabalho proposto por Baddeley citado por Gazzaniga, Ivry e Mangun (2006) é o esboço visual espacial que armazena por breve espaço de tempo a imagem visual, e é subdividido em dois componentes. Um visual que está relacionado com a cor e a forma, e o outro denominado “garatuja interna” relacionado com as informações espaciais e movimento (LOGIE *apud* EYSENCK; KEANE, 2007, p.199). O terceiro elemento é uma executiva central, que tem capacidade limitada e controla a alça fonológica e o esboço visual espacial, indicando quais informações devem ser processadas, como devem ser executadas e sua interação com a memória de longo prazo. Vários subsistemas executam tarefas que colaboram na análise da informação da memória operacional. O quarto elemento é um “Buffer” episódico (STERNBERG, 2008, p.169), (EYSENCK; KEANE, 2007, p.195), que associa as informações da memória de longo prazo e dos subsistemas com as da memória operacional, formando uma informação única que permite nossa compreensão. Ele tem capacidade limitada e funciona como armazenador da informação produzida. Os elementos da memória operacional proposta por Baddeley citado por Gazzaniga, Ivry e Mangun (2006) estão representados na Figura 3.

Quando a memória operacional é ativada, ela acessa a informação armazenada e mantém esta informação ativa pelo período necessário para compreensão da informação que está sendo analisada, o que é feito pelo córtex pré-frontal. Quando a memória operacional está ativa, células do córtex pré-frontal ficam acionadas e se mantêm acionadas durante o processamento da informação. Experimentos com animais mostraram a presença de células que identificam os objetos, células que localizam os objetos e células que fazem identificações simultâneas, estas células têm um aumento na frequência durante um intervalo quando o estímulo é apresentado, e estas mesmas células tornam-se responsivas quando um novo estímulo é apresentado (GAZZANIGA; IVRY; MANGUN, 2006, p.526). O córtex pré-frontal guarda temporariamente as informações acionadas de outras regiões neurais e permanece ativo enquanto esta informação é trabalhada. Está conectado ao córtex sensorial temporal e ao córtex sensorial parietal, nestes locais ativam-se memórias de longo prazo que são utilizadas (reverberação) no córtex pré-frontal. Por exemplo, em um diálogo entre brasileiros, ao falar bandeira do Brasil, a pessoa lembra-se da bandeira, mas para isso, o córtex pré-frontal acionou

diversas áreas cerebrais para acessar as diferentes cores, as formas geométricas, as estrelas, a frase de ordem e progresso, o posicionamento de cada componente da bandeira, em seguida, organizou-as de modo a dar sentido e coerência sobre o que está sendo dialogado. Portanto, as informações a serem acessadas estão em arquivos de diferentes regiões do córtex cerebral e são requisitadas para a área de trabalho, mas não são armazenadas neste local, e sim usadas para que permitam melhor desempenho da tarefa (GAZZANIGA; IVRY; MANGUN, 2006, p.528). Além disso, o modelo de memória operacional proposto por Baddeley citado por Gazzaniga, Ivry e Mangun (2006) indica que a alça fonológica tem um processo articulatório que é direto para palavras que entram pela via auditiva. As palavras que entram pela via visual são inicialmente codificadas em uma representação fonológica para em seguida entrar no processo articulatório. Novas pesquisas feitas por Fiez (GAZZANIGA; IVRY; MANGUN, 2006, p.535), indicam que para a entrada visual ocorre a ativação das áreas 44 e 45 do hemisfério esquerdo (de acordo com a classificação de Korbiniam Brodmann) que fazem a decodificação de palavras em representação fonológica, e a participação do cerebelo no processo articulatório para representações de ensaios internos que mantém ativa as informações na memória operacional. Observe a Figura 4 referente à alça fonológica.

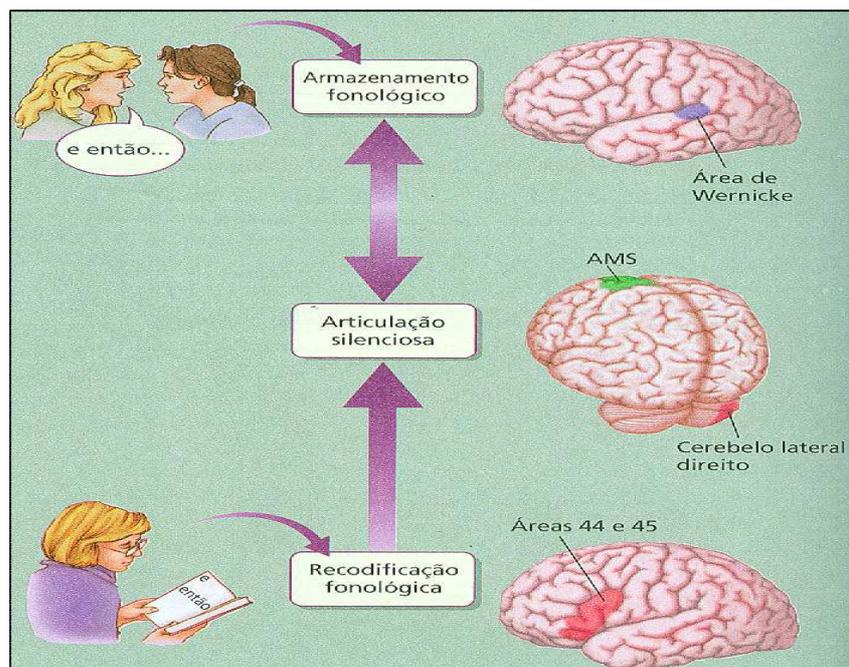


Figura 4: Componentes da alça fonológica e sua relação com áreas cerebrais.
Fonte: Gazzaniga; Ivry; Mangun, 2006

O córtex pré-frontal atua como armazenamento transitório das informações e ao evocar a memória de longo prazo, funciona como um filtro na escolha de quais memórias devem ser solicitadas para o processamento da informação. Em experimentos usando substantivos em que ao ser apresentado um substantivo, a pessoa deve apresentar uma palavra semanticamente associada (GAZZANIGA; IVRY; MANGUN, 2006, p.538), tanto informações de interesse quanto irrelevantes são solicitadas. Mas em seguida o lobo pré-frontal, funciona como um “filtro dinâmico” selecionando as informações necessárias ao trabalho enquanto este está em curso. Assim, ao nosso redor encontramos uma gama de informações das quais a maioria não é interessante para a tarefa a ser executada que correspondem a um excesso de informações sem vínculo específico com a tarefa para uma dada análise da informação. Situação que ocorre em sala de aula, onde o aluno, para aprender, deve centrar sua atenção nas explicações importantes para o entendimento do assunto, e bloquear informações irrelevantes. Portanto, deve-se ter um controle para bloquear informações irrelevantes e priorizar as informações pertinentes ao trabalho que se está processando no momento, desta forma, estas informações priorizadas podem ser consolidadas na memória de longo prazo. As seleções das informações seguem um objetivo específico e são monitoradas para obter sucesso. Um mecanismo de monitoramento denominado de sistema supervisor de atenção (SSA) parece garantir que se atinja o objetivo específico com sucesso (GAZZANIGA; IVRY; MANGUN, 2006, p.547). A região do cíngulo anterior tem demonstrado elevada atividade metabólica nos trabalhos de monitoramento para escolha de informações de importância e de informações que são aleatórias ao objetivo. Quando estímulos são apresentados, o cíngulo busca “*recursos atencionais*” (acionamento de áreas cerebrais na busca de informações que permitem à análise da tarefa e o selecionamento das informações para o entendimento desta tarefa) referentes a estes estímulos e os envia para o córtex pré-frontal lateral, onde instala a memória operacional que mantém aspectos relacionados à memória de longa duração. A memória operacional bloqueia as informações aleatórias ao objetivo e associa as informações de interesse. Portanto, a memória operacional depende de quais informações são monitoradas pelo cíngulo, que busca informações em diversas áreas cerebrais e desta forma modula a atividade seletiva do lobo pré-frontal, o que corresponde ao chamado sistema de “*filtragem dinâmico*” (GAZZANIGA; IVRY;

MANGUN, 2006, p.549).

A memória de longo prazo já foi detectada em diversas áreas cerebrais, como hipocampo, amígdala, córtex cerebral e cerebelo. No hipocampo, a fisiologia celular molecular é bem compreendida. Neste tipo de memória, ocorre uma estimulação no neurônio pós-sináptico com prolongamento do tempo da sinapse formando-se a potenciação de longa duração (LTP), que pode servir de modelo para explicação da formação da memória de longo prazo (BRANDÃO, 2004, p.104). As modificações que ocorrem nas LTP correspondem à aprendizagem.

As mudanças que ocorrem nas sinapses correspondem à aprendizagem (CARLSON, 2002, p.440). Portanto, fisiologicamente a consolidação da potenciação de longa duração envolve a ativação de genes, quando da entrada de cálcio nas espinhas dendríticas, que por sua vez aumenta a síntese de receptores de membrana e provocam modificações na membrana pós-sináptica, como seu espessamento e a formação de espinhas dendríticas permanentes. (LENT, 2008, p.129). As repetições da informação levam a um aumento gradual da sinapse e formação de sinapses secundárias (BRANDÃO, 2004, p.108). Por outro lado, estímulos de baixa frequência enfraquecem a sinapse local, ou provoca uma redução prolongada de longa duração, indicando que estas sinapses são pouco evocadas pelo cérebro, ocorrendo diminuição de receptores e de neurotransmissores, mecanismo chamado de depressão de longo prazo.

Memória de longo prazo e memória de curto prazo são fenômenos paralelos que ocorrem nos mesmos locais do cérebro e que se distinguem pelo fato de que nos eventos celulares da memória de curto prazo não há formação de novas proteínas, processo imprescindível na memória de longa duração (LENT, 2008, p.250).

Uma maneira de entender a versatilidade da memória de longo prazo é indicar uma classificação para os diversos tipos da memória quanto a sua evocação. Assim temos a memória implícita ou não declarativa e a memória explícita ou declarativa. A diferença entre elas reside no fato de que processos que estão ocorrendo e para os quais estamos conscientes encaixam-se na memória explícita. Já a memória implícita envolve a evocação de circuitos pelos quais não estamos conscientes, como por exemplo, quais passos devem ser seguidos para dirigir um carro, é automática, por isso, esta memória pode ser chamada de procedimental, por

que não estamos conscientes dos passos ou procedimentos para execução do ato. Os casos de amnésia têm contribuído muito para entendimento das diferenças das memórias implícitas e explícitas. Pessoas que tem amnésia, que não conseguem lembrar fatos recentes acontecidos, sofrem de amnésia anterógrada, e não conseguem transferir e consolidar as informações recentes em memória de longo prazo, ou seja, tem aspectos falhos na consolidação de memória, sendo, portanto incapazes de formar memórias explícitas. Estes indivíduos possuem danos nos neurônios relacionados com a potenciação de longo prazo, que é uma via para consolidação da memória (CARLSON, 2002, p.478). Por outro lado, pessoas com amnésia que não recordam de fatos que ocorreram antes de terem amnésia, sofrem de amnésia retrógrada, e, neste caso o problema está em falhas de como evocar a memória já consolidada. Testes de atenção plena e atenção dividida têm colaborado na distinção da memória implícita e explícita, segundo Eysenck e Keane, (2007, p.228) *“na ocasião da aprendizagem atenção pode ser de fundamental importância para recordação consciente subsequente, mas irrelevante para memória implícita”*.

Memórias explícitas são subdivididas em memórias episódicas e semânticas. Memórias episódicas estão relacionadas com informações pessoais, como quando passamos no vestibular, ou primeiro (a) namorado ou namorada, evocam informações sobre a vida do próprio indivíduo. Memórias semânticas dizem respeito às características externas do ambiente que cerca a pessoa, como falar da temperatura, quais as melhores universidades, fome no mundo. Este tipo de memória não envolve a obrigação de um estímulo relacionado ao seu aprendizado. Assim a memória episódica relata fatos particulares de nossa vida particular, enquanto a memória semântica retrata fatos do ambiente externo, de conhecimentos gerais.

As memórias implícitas são subdivididas em memória procedimentais e memória de reflexos condicionados. Memórias procedimentais, relacionadas a habilidades e gestos que determinam um aprendizado sensorial - motor em resposta a condições ambientais. Quando a memória é adquirida por meio de associação de estímulos com resposta, é denominada de reflexo condicionado. A repetição do estímulo leva a diminuição da resposta, o que caracteriza a habituação, que segundo Lent é a forma mais simples de aprendizado (LENT, 2008, p.247).

2.4 A Teoria Cognitiva de Aprendizagem Multimídia (TCAM)

Os psicólogos cognitivos cada vez mais abrem caminhos sobre o entendimento de como funciona o trabalho da mente humana, e entre os vários modelos já produzidos para a explicação deste funcionamento está a Teoria Cognitiva de Aprendizagem Multimídia (TCAM). O estudo deste modelo permite o clareamento de técnicas que podem ser reestruturadas e se aplicadas corretamente, podem contribuir para aprendizagem e uma melhor qualidade no ensino. A TCAM é baseada:

- Na Teoria dos Códigos Duplos de Paivio citado por Carvalho (2002);
- Nos múltiplos sistemas de memória de Atkinson e Shiffirin Eysenck e Keane (2007);
- Na memória de trabalho de Baddeley; Eysenck; Anderson (2009);
- Na teoria da cognição da aprendizagem multimídia de Mayer (2009), que está relacionada à teoria da sobrecarga cognitiva de Sweller.
- Na Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimídia de Schontz e Bannert citado por Mayer (2005b)

Para termos melhor compreensão da TCAM descreveremos a seguir os principais itens que permitiram a formulação deste modelo.

2.4.1 A Teoria do código duplo proposta por Paivio

De acordo com Paivio citado por Carvalho (2002), para entrada de representações externas na mente, temos dois canais separados, um verbal e um não verbal. O canal verbal permite a recepção de palavras, textos escritos e textos narrados, sendo analisados cognitivamente pelo sistema verbal. O canal não verbal recebe imagens, objetos e são analisados cognitivamente pelo sistema visual. Os estudos de Paivio mostram que pessoas recordam melhor substantivos concretos que abstratos, e que é melhor para a recordação o uso de palavras e imagens juntas, que separadas. Nas representações mentais, os canais trabalham

inicialmente separados, cada um formando suas respectivas representações mentais, mas as palavras podem ativar imagens, e as imagens podem ativar palavras, assim, internamente tem-se um código verbal de imagens e um código de imagens das palavras, quando ativados internamente devido a ação de representações externas, fazem intercâmbios, permitindo melhor evocação da memória. Por isso, as pessoas têm mais facilidade de recordar substantivos concretos que abstratos, pois estes evocam imagens de objetos (PAIVIO *apud* CARVALHO, 2002).

2.4.2 Os múltiplos Sistemas de Memória Proposto por Atkinson e Shiffrin

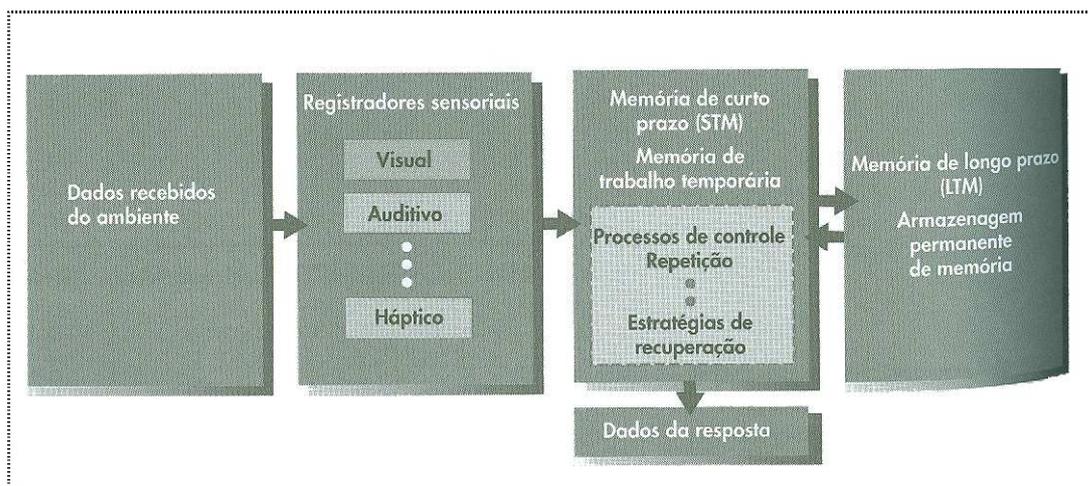


Figura 5: Fluxo da informação do meio externo para o processo cognitivo de interpretação da informação proposto por Atkinson e Shiffrin.

Fonte: Sternberg, 2008

Em 1968, Atkinson e Shiffrin citado por Eysenck e Keane (2007) propuseram que o processamento da informação mental passava por três níveis de memória: a memória sensorial, a memória de curta duração e a memória de longa duração. Estas memórias permitem armazenamento de informações e a passagem de partes destas informações de uma memória para a outra. As informações externas são retidas por curto tempo na memória sensorial, das quais as mais importantes são transferidas para memória de curto prazo, e a recitação destas informações permite

sua entrada na memória de longo prazo. Observa-se neste caso, uma sequência onde a atenção e a recitação desempenham papel importante na transferência da informação de uma memória para outra. Este modelo modal, sugere que a informação pode ser perdida por interferência e/ou destruição (GAZZANIGA; IVRY; MANGUN, 2006, p.328). Na figura acima temos um esquema que mostra a sequência do processamento da informação segundo o modelo de Atkinson e Shiffrin, as setas em sentido inverso no final mostram a influência da memória de longo prazo sobre a memória de trabalho ou operacional.

2.4.3 A Memória de trabalho ou operacional proposta por Baddeley

Para suprir deficiências do modelo de Atkinson, Shiffrin e Baddeley (1970) propôs o conceito de memória de operacional. Esta consta de elementos que interagem para interpretação da informação e se for importante passa a ser armazenada na memória de longo prazo. Consta de uma alça fonológica para informações na forma de palavras tanto faladas quanto escrita. Um elemento é o esboço visual espacial, formado por um subgrupo que analisa forma e cor e outro subgrupo que analisa o espaço e movimento. Um terceiro elemento denominado de central executiva coordena as informações recebidas para os vários elementos da memória operacional, identificando quais recursos devem ser solicitados para interpretação da informação. Um quarto elemento chamado de “Buffer episódico” atua como posto de integração determinando a formação de uma única informação caracterizando nossa compreensão sobre a informação então analisada. (ATKINSON; SHIFFFRIN; BADDELEY *apud* GAZZANIGA; IVRY; MANGUN, 2006, p.329)

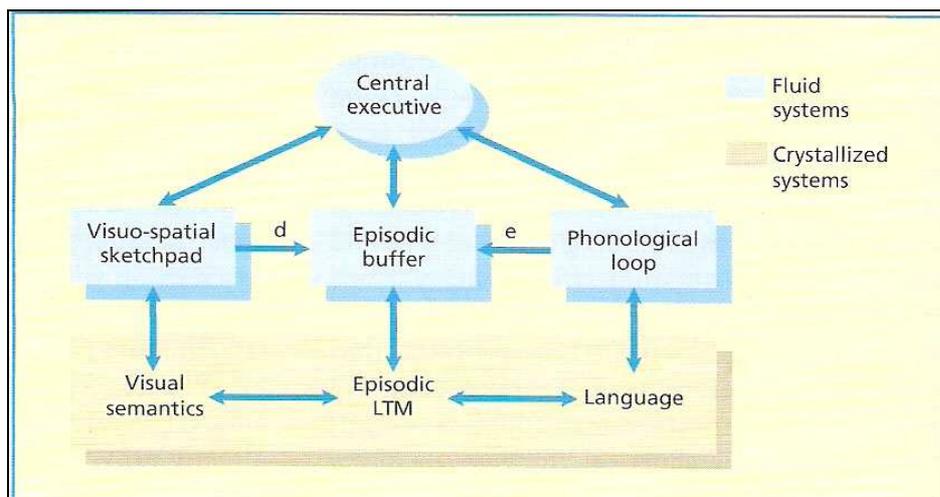


Figura 6: Relação entre os componentes da memória operacional e sua ligação com a memória de longo prazo.

Fonte: Baddeley; Eysenck; Anderson, 2009

2.4.4 A Teoria da Sobrecarga Cognitiva

Conteúdos quando ministrados, possuem certa quantidade de informação, que deve ser processada pela memória operacional, mas, como esta é limitada, estabelece-se também limite de quanta informação pode ser encaminhada para a memória operacional e pode ser realmente processada levando ao aprendizado, pela formação de esquemas e automação de esquemas. Esta quantidade de informação que pode ser processada é denominada carga cognitiva efetiva (SWELLER, 2005, p.27), que permite o aprendizado. Porém, o conteúdo ministrado quando analisado pode possuir uma quantidade de informação que ultrapassa a carga cognitiva da memória operacional, que pode ser vista de duas maneiras. Uma sobrecarga cognitiva inerente ao próprio conteúdo, ou seja, são necessárias muitas informações para a compreensão do conteúdo (como é o caso da embriologia). Esta sobrecarga é denominada de sobrecarga cognitiva intrínseca ou de conhecimento essencial (MAYER, 2005b, p.184). Em casos de alunos que possuem pouco conhecimento prévio sobre o conteúdo, ou seja, possuem poucos esquemas mentais para análise do conteúdo, este conteúdo passa a ter uma carga cognitiva intrínseca elevada, o que dificulta a sua compreensão.

A outra forma de sobrecarga corresponde ao tipo de material didático utilizado, que normalmente contém muitas informações não relacionadas diretamente a compreensão do conteúdo, mas que, como está no material didático, acaba sendo processado pela memória de operacional, levando a sobrecarga. Esta é denominada de sobrecarga cognitiva extrínseca ou alheia (SWELLER, 2005, p. 26). Observa-se que na maioria dos materiais didáticos aplicados no ensino é comum a presença de informações adicionais, impondo uma sobrecarga cognitiva extrínseca, que ao ser analisada pela memória operacional, dificulta a compreensão da carga cognitiva efetiva, influenciando diretamente na qualidade e no tempo gasto para o aprendizado. A carga teórica, portanto impõe limites no material que deve ser processada mentalmente para formação de esquemas e sua automação. Com base neste conhecimento foram elaborados e testados princípios, que podem reduzir a carga teórica extrínseca e em parte amenizar a carga teórica intrínseca, permitindo assim, espaço livre para o processamento da carga cognitiva essencial.

Durante a produção de materiais instrucionais devem ser observados textos e figuras que são redundantes ao conhecimento essencial que deve ser aprendido, para que sejam eliminados (princípio da coerência). Ao mesmo tempo figuras e texto narrado devem ser apresentados próximos e simultaneamente (princípio da contiguidade espacial e temporal). Quando a instrução multimídia tem conhecimento essencial elevado, deve-se fazer uma segmentação da informação fazendo uma escala da informação, onde se começa explicações simples que se tornam requisito para explicações mais complexas do mesmo conhecimento essencial.

2.4.5 A teoria cognitiva da aprendizagem Multimídia (TCAM) de Mayer

O princípio multimídia enuncia que as pessoas aprendem mais com o uso de figuras e palavras, que somente de palavras ou de figuras. Baseado nesta premissa, estudar meios, que descrevem os caminhos de como se aprende melhor utilizando-se de figuras e palavras constituem a teoria cognitiva de aprendizagem multimídia (MAYER, 2005c, p.1). O problema está em como utilizar figuras e palavras, quando utilizar, em que sequência utilizar, e para quem devem ser utilizadas de forma a

alcançar melhores resultados no aprendizado. Ao mesmo tempo deve-se estudar quais os mecanismos que são efetuados pelo aluno para a recepção da informação, sua veiculação pelas áreas sensoriais e encefálicas, que o fazem ter a compreensão do que lhe é passado como informação. A pesquisa para estas e outras questões, resultou em muitas respostas, permitindo o desenvolvimento de uma série de princípios, estes em conjunto, correspondem à teoria cognitiva de aprendizagem multimídia, que podem ser empregados na construção de modelos instrucionais que, se bem projetados, alcancem melhores resultados que as tradicionais didáticas de ensino.

Quando se recebe uma informação multimídia via figuras, palavras narradas ou textuais, animações, filmes, dentre outros meios de comunicação, cria-se um modelo mental sobre a informação, indicando a compreensão da informação, que é armazenada na memória de longo prazo, para posterior utilização. Os mecanismos para se chegar a este modelo mental e suas implicações no conhecimento é a área de trabalho para teoria multimídia. Observa-se que a teoria multimídia tem uma preocupação em como se aprende, voltado para a pessoa (MAYER, 2005c, p.9) determinando desta forma, limites em que devem ser usadas ferramentas tecnológicas em prol da aprendizagem. Na maioria das vezes, as tecnologias de ensino são aplicadas sem um estudo prévio sobre o seu rendimento como ferramenta de ensino. Entretanto, utilizando-se dos princípios da teoria multimídia, podemos acrescentar qualidades instrucionais aos materiais didáticos atuais, além de buscar novas formas de ensinar. De acordo com Mayer (2005c, p.6) *“O que é necessário é uma base de pesquisa que compreenda como as pessoas aprendem através de palavras e figuras e em como desenvolver uma instrução multimídia que promova o aprendizado”*.

Esta teoria enfatiza os meios pelos quais as informações são processadas na mente humana, é baseada em canais duplos para entrada das informações instrucionais (PAIVIO *apud* CARVALHO, 2002) e que a nossa capacidade de processamento cognitivo é ativo e limitado. As informações são encaminhadas para a memória operacional (BADDELEY *apud* STERNBERG, 2008, p.168) e daí para a memória de longo prazo. Durante a recepção das informações, a veiculação para memória operacional, o processamento nesta memória e a passagem para memória de longo prazo, ocorrem seleções e integrações da informação instrucional, que

correspondem ao cerne da teoria cognitiva de aprendizagem multimídia.

Quando em um material didático, o aluno vê uma figura, forma-se uma imagem desta figura com todos os seus dados, que não está acessível conscientemente e é destruída em pouco tempo, é a imagem icônica, que faz parte da memória sensorial. Esta imagem entra pelos olhos, que corresponde ao canal de entrada visual. Se o aluno presta atenção na informação, alguns segmentos da figura são então selecionados, criando uma imagem na memória operacional. Esta seleção ocorre porque a memória operacional é limitada em seu trabalho de processar a informação. A imagem formada é então organizada de tal forma a dar sentido aos segmentos que foram selecionados, quando estes estiverem em conjunto, formando um modelo visual na memória de operacional, esta então é integrada a informações relacionadas, formando esquemas, que são então guardados na memória de longo prazo, tornando-se parte do conhecimento prévio (SCHNOTZ, 2005, p.46).

Quando em um material didático, o aluno ouve sons, estes são captados pelo canal auditivo, formando uma memória ecóica da informação, que é de curta duração, porém de capacidade elevada. Se o aluno presta atenção, alguns sons são selecionados e representados na memória de trabalho audível. Em seguida, estes sons são organizados de tal forma que se estabelece um sentido para o conjunto dos sons, formando então um modelo verbal da informação. Este modelo verbal é então integrado a informações correlacionadas e guardadas na memória de longo prazo, tornando-se parte do conhecimento priorizado.

Quando um texto escrito é analisado pelo aluno, as informações escritas entram pelo canal visual, formando a memória sensorial visual, que também é de grande capacidade, porém de curtíssima duração. Se o aluno presta atenção, palavras são selecionadas e são formadas imagens das palavras selecionadas. As palavras selecionadas são faladas mentalmente e passam para o canal auditivo da memória operacional, em seguida, são organizadas para dar sentido ao conjunto, formando um modelo verbal, que é então integrado a outras informações correlacionadas e levadas a memória de longo prazo. Deste modo, tanto mensagens que incluem figuras, texto ou sons passam por uma seleção pelo fato da memória operacional ser limitada. Não ocorre o processamento de toda informação da memória sensorial, mas, as imagens e palavras selecionadas permitem dar

entendimento a figura e ao texto, o que caracteriza a cognição. Assim a teoria da cognição da aprendizagem multimídia, mostra os passos seguidos para a cognição que começa pelos modos de apresentação do material didático, formação da memória sensorial, selecionamento de figuras e palavras, elaboração coerente deste selecionamento e integração na memória operacional, e seu encaminhamento para a memória de longo prazo, onde se torna conhecimento e pode ser evocado novamente pela memória operacional (conhecimento prévio).

Observa-se que quando um material didático é construído de modo que o aluno utilize o canal visual para instrução escrita de texto e a figura simultaneamente ocorre uma sobrecarga da memória operacional. Isto dificulta a compreensão do conteúdo por que ambas as informações, texto e figura, são processadas pelo mesmo canal. Por outro lado, materiais instrucionais que se utilizam de figuras e texto narrado, são processados por canais diferentes e alcançam melhores resultados na aprendizagem. Observa-se ainda, que, como a memória operacional é de capacidade limitada, confeccionar materiais didáticos que não ultrapassem essa capacidade, somam para facilitar a aprendizagem. Confeccionar aulas que utilizem mensagens instrucionais que não distraiam o aluno, ou seja, onde foram retirados materiais redundantes para que não ocorra sobrecarga, também contribui para compreensão mais rápida. Pois, quando o aluno prestar atenção, ele acionará menos o sistema de filtragem do mecanismo cognitivo para compreensão do material didático.

2.4.6 A Teoria Cognitiva de Aprendizagem Multimídia (TCAM) proposta por Schontz e Bannert

Quando um conjunto de informações de determinados conteúdos disciplinares deve ser ensinado aos alunos, inicialmente são criados modelos de representações externas para estes conteúdos, que ao serem transmitidos são recebidos por sistemas sensoriais do aluno, estes passam a processar as informações na forma de representações mentais do conteúdo abordado, em seguida tornam-se parte do conhecimento deste aluno.

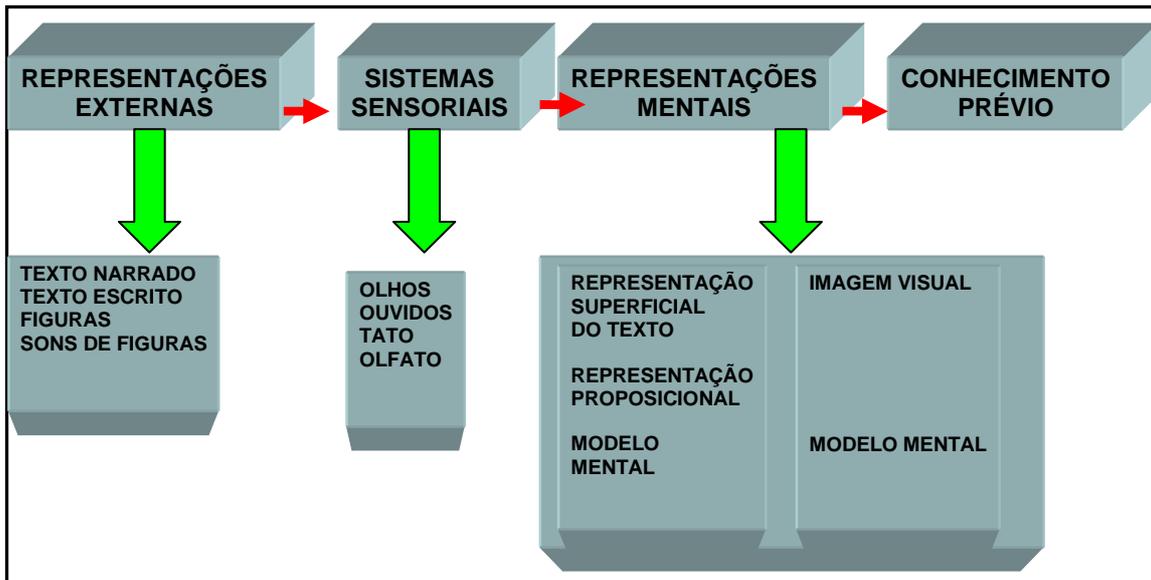


Figura 7: Fluxo da informação do meio externo para o processo cognitivo na formação do conhecimento prévio

Fonte: Dados da pesquisa

Conforme esquematizado na Figura 7, a Teoria Cognitiva de Aprendizagem Multimídia possui três partes conectadas: representações externas, sistemas sensoriais e representações mentais. O uso de texto, figuras, exposição teórica utilizando-se do quadro negro e giz, o emprego de “data show”, um vídeo, uma animação, cartazes, e outros recursos de apresentação do conteúdo são representações externas. A recepção feita por sistemas sensoriais é principalmente por olhos e ouvidos, e também ocorre pelo tato e olfato. Formas externas de representação são maneiras pelas quais, determinado conteúdo pode ser exposto em uma apresentação multimodal. Existem vários modos de apresentação de um conteúdo, assim como existem diversos sistemas sensoriais que atuam como portas de entrada para a informação multimídia. Mas mesmo, que uma informação entre por um sistema sensorial, esta informação pode ser convertida em mensagens que podem ser analisadas por outros modelos de representação mental. Chama-se representação mental a forma pela qual a informação é inicialmente processada pela mente, para mais tarde torna-se parte da memória já existente. As representações mentais são classificadas a nível perceptivo e cognitivo. O nível perceptivo está relacionado com a veiculação das informações dos sistemas sensoriais e sua chegada à memória operacional e o nível cognitivo corresponde aos

processamentos executados na memória operacional e na memória de longo prazo (SCHNOTZ, 2005, p.54).

Na Teoria Cognitiva de Aprendizagem Multimídia (TCAM) proposta por Schontz e Bannert citado por Mayer (2005b), os modos de apresentação são representações externas classificadas em dois grupos, um chamado de descrição que usa símbolos para passar a mensagem multimídia (por exemplo, um texto) e outro chamado de retratação que usa ícones para passar a informação multimídia (por exemplo, figuras).

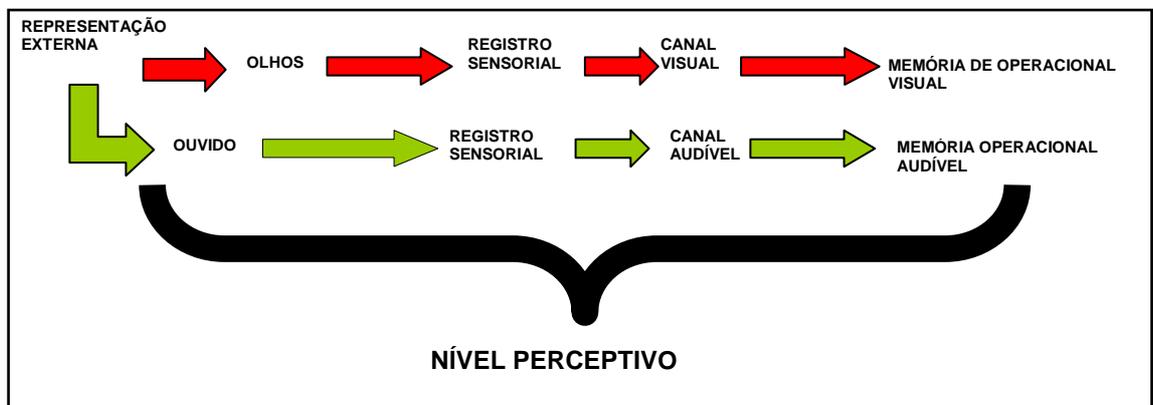


Figura 8: Percurso da informação para a memória operacional
Fonte: Dados da pesquisa

Dos sistemas sensoriais, olhos e ouvidos, são as principais vias de entrada das informações. Estas duas vias de entrada formam registros sensoriais das informações obtidas das formas de representação externa. Elas possuem grande capacidade de reter informação, são de curtíssima duração, por volta de 0,5 segundos para a memória icônica, feita via olhos e cerca de 2 segundos para a memória ecóica, feita via ouvido (EYSENCK; KEANE, 2007, p.190-191). Os registros sensoriais são memórias sensoriais que não fazem parte da memória consciente do indivíduo e correspondem ao nível perceptivo da TCAM. A atenção dada nestes canais durante a exposição das informações permite a escolha de itens dentro destas informações, que pelo canal visual e auditivo chegam à memória operacional, como representado na Figura 8.

Na memória operacional, múltiplas representações mentais podem ser feitas, independente de qual canal é utilizado para a chegada da informação na mente, isto ocorre porque a memória operacional tem um canal verbal e um canal pictórico. O canal verbal corresponde ao texto externo, representação superficial do texto e modelo de representação mental, para processamento de texto. O canal pictórico é representado pela figura externa, imagem visual e modelo mental para processamento de figura. A memória operacional sofre influência da memória de longo prazo, levando a compreensão de textos e figuras quando da formação dos modelos mentais, mostrando que o conhecimento prévio do aluno favorece a compreensão. Distingue-se imagem visual de modelo mental, na medida em que as imagens visuais contêm informações não necessárias na figura, o que não ocorre no modelo mental, e este é enriquecido com o conhecimento prévio e pode interagir com outros modos sensoriais (SCHNOTZ, 2005, p.54).

Se a informação chega sob a forma de texto escrito forma-se uma representação mental superficial do texto, em seguida uma representação proposicional e mais tarde um modelo de representação mental do conteúdo do texto. De acordo com Schontz (2005), a representação mental superficial do texto, permite repetir o que foi lido Um filtro verbal atua na representação superficial do texto selecionando itens deste, o que constitui a representação proposicional, indicando a escolha de termos da informação a nível conceitual e centralizando as idéias do texto, *“independente da palavra específica e da sintaxe da sentença”* (SCHONTZ, 2005, p.53). Este modelo proposicional, através do canal verbal, leva a formação de um modelo de representação mental, que corresponde ao significado do texto externo, este se tornará conhecimento armazenado na memória de longo prazo.

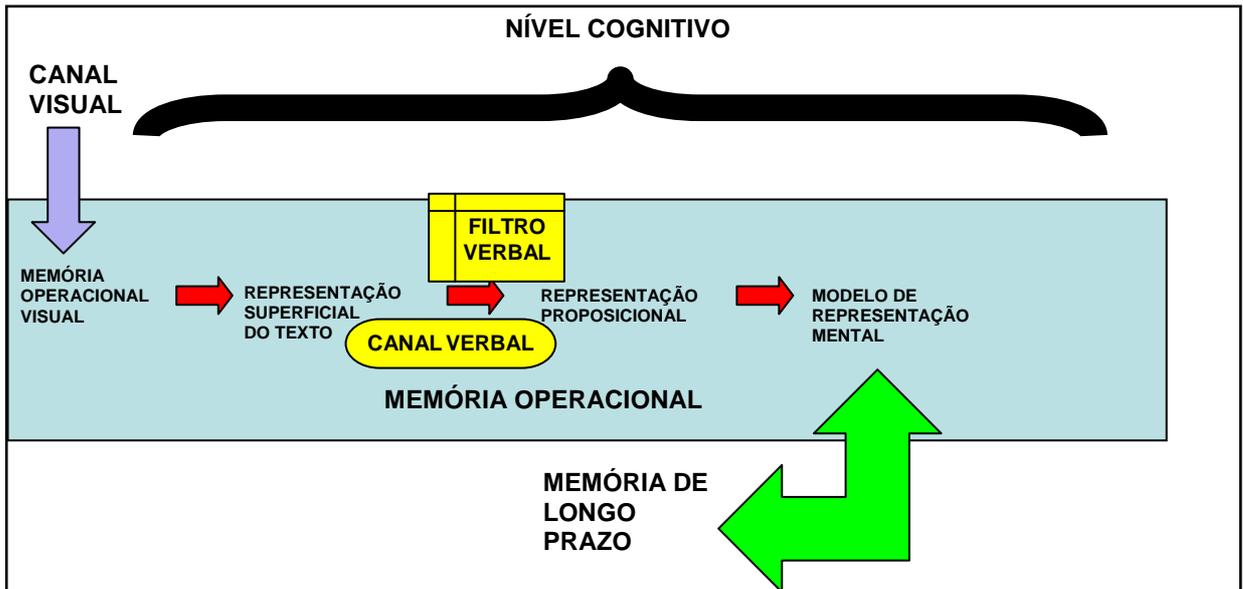


Figura 9: Fluxo da informação visual - texto escrito- na memória operacional
 Fonte: Dados da pesquisa

Na Figura 8 o retângulo azul corresponde à memória operacional, a seta verde indica o fluxo de informações que interconectam a memória operacional e a memória de longo prazo. As informações são processadas na memória operacional, e, quando o modelo mental é formado, este passa a fazer parte do conteúdo da memória de longo prazo. O mecanismo descrito acima corresponde ao nível cognitivo da TCAM.

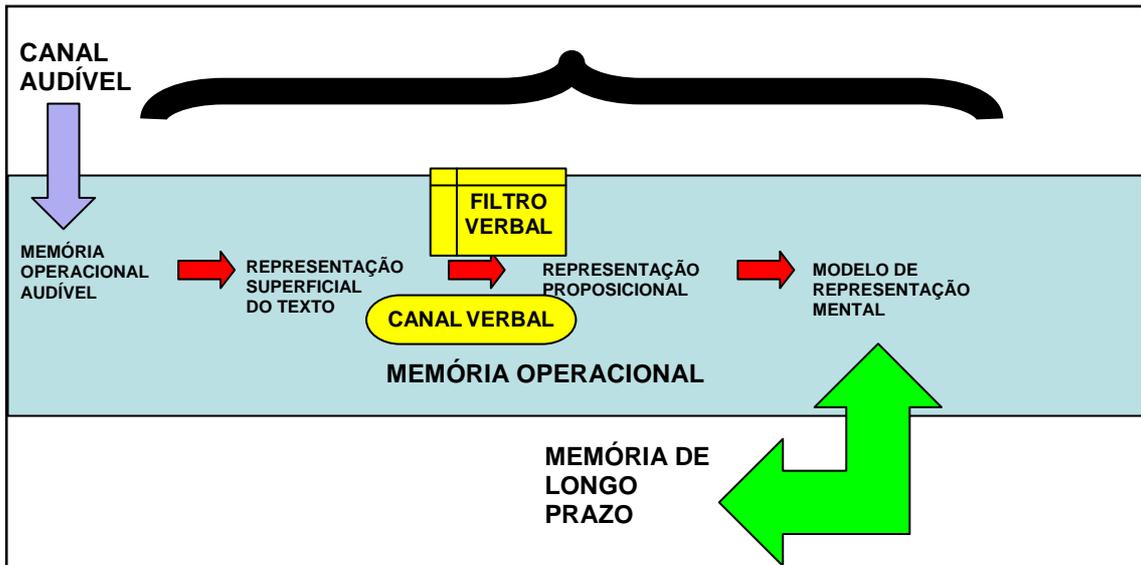


Figura 10: Fluxo da informação audível - texto narrado- na memória operacional
 Fonte: Dados da pesquisa

Se a informação do texto chegar pelo canal auditivo até a memória operacional audível, forma-se então uma representação superficial do texto do modo audível, ocorre seleção de itens do texto e sua organização por filtros verbais, provenientes do conhecimento prévio; posteriormente ocorre a formação de uma representação proposicional que via canal verbal leva a formação de um modelo de representação mental do texto. Observe a Figura 10 e note que a diferença entre a representação externa do texto escrito e do texto narrado está no sistema sensorial, ou seja, um entra pelo canal visual (texto escrito) e outro pelo canal auditivo (texto narrado). No processamento cognitivo, o texto que entrou pela via visual passa para o canal verbal, por outro lado, o texto narrado já é “interpretado” direto pelo canal verbal encurtando o caminho da informação até a memória de longo prazo. Isto trará importantes implicações na interpretação de texto e figuras, sugerindo que numa apresentação multimídia é melhor usar texto narrado e figura do que texto escrito e figura.

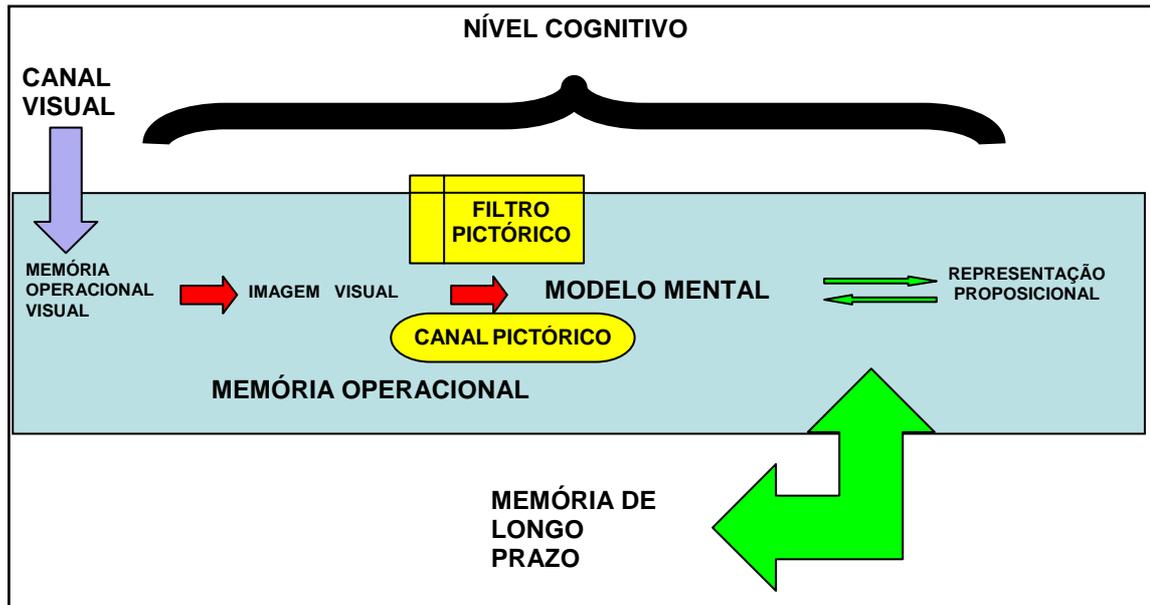


Figura 11: Fluxo da informação visual - Figura - na memória operacional
 Fonte: Dados da pesquisa

Se a informação chega como figura, forma-se uma informação visual da figura que via canal visual chega à memória operacional visual, esta seleciona itens da figura e os organiza formando a imagem visual. Sobre esta imagem visual, filtros pictóricos visuais selecionam informações, isto é, ativa-se o conhecimento prévio presente na memória de longo prazo referente à imagem visual, e via canal pictórico constroem um modelo mental ligado ao conteúdo abordado. Este modelo pode ter uma transdução para a memória operacional proposicional permitindo a leitura de novas informações. A Figura 11 mostra o fluxo da informação das representações mentais para a interpretação de figuras. Observe que as setas inversas em verde permitem usar da interpretação da figura para buscar novas informações na memória de trabalho proposicional.

A informação pode chegar como sons de figura, como por exemplo, o latido do cachorro, ao escutar este som o indivíduo forma a imagem mental de cachorro. Neste caso, a informação entra pelos ouvidos e via canal auditivo chega até a memória operacional auditiva. Filtros pictóricos auditivos selecionam itens da “*informação pictorial da memória operacional auditiva*” (SCHONTZ, 2005, p.58) que via canal pictórico permite a construção de um modelo mental. Desta forma aparece a imagem mental do cachorro.

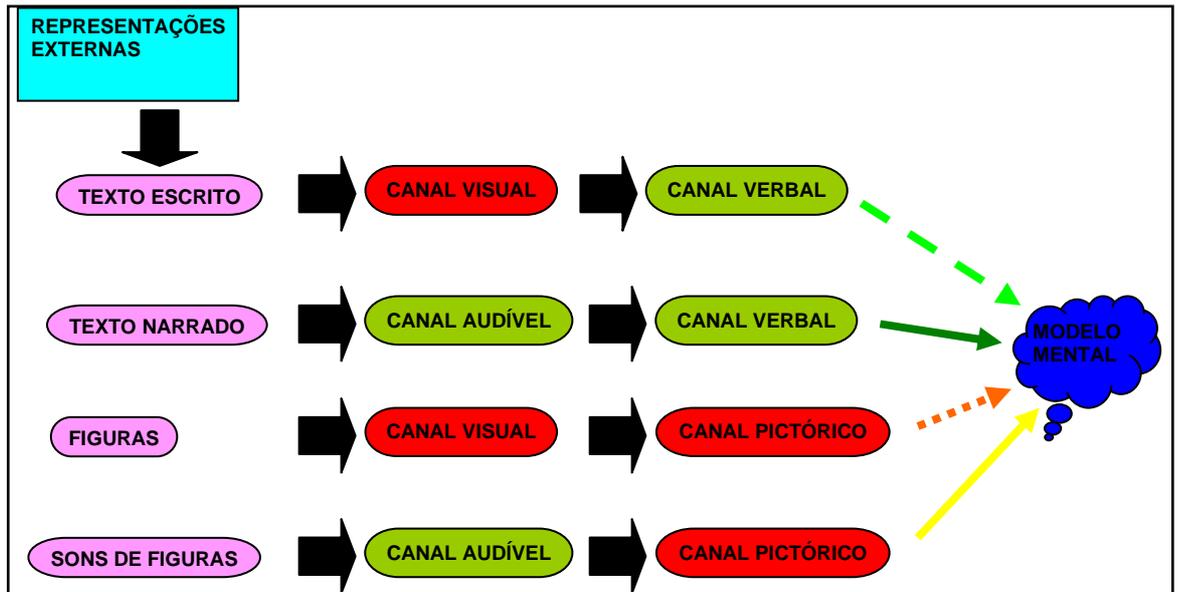


Figura 12: Variáveis para o fluxo da informação até a construção do modelo mental
 Fonte: Dados da pesquisa

A TCAM utiliza-se de dois canais a nível perceptivo, os canais visuais e auditivos, e dois canais a nível cognitivo, os canais cognitivos: verbal e pictórico, para a compreensão de multimídias que envolvam texto e figura. As maneiras pelas quais se faz combinações de representações externas de texto e Figuras determinam as combinações dos canais a nível perceptivo e cognitivo. Os canais combinados irão se integrar formando um modelo mental. Analisando a Figura 12 temos, por exemplo, que se a representação externa chega na forma de texto narrado e figura, ocorre a combinação do canal audível e do canal verbal para a análise do texto narrado, e do canal visual e do canal pictórico para a análise da figura. No final forma-se apenas um modelo mental da representação externa, mostrado pelas setas verdes contínuas e alaranjado pontilhado. A Figura mostra que existem diversas combinações possíveis para a interpretação das representações externas.

2.4.7 Os princípios do planejamento de material multimídia

A TCAM permite a análise de diversas combinações de representações externas para indicar se tais combinações são eficazes na aprendizagem. A partir destas análises são caracterizados efeitos positivos e negativos do uso de texto e figuras nas apresentações multimídias e suas implicações na construção de materiais instrucionais, que são apresentados na forma de princípios. Dentre os vários princípios estudados pela TCAM, selecionamos e descreveremos os princípios mais relacionados a produção de materiais didáticos na área da embriologia. Os princípios positivos selecionados foram: o da representação múltipla, o da modalidade, o da coerência, da sequência de figura e texto, o da contigüidade e o da sinalização. Os princípios negativos foram: o da redundância. O planejamento de material didático levando em consideração estes princípios torna as apresentações multimídias mais coerentes com a aquisição de conhecimento de acordo com o sistema cognitivo humano.

2.4.7.1 O princípio da representação múltipla

Muitos estudiosos têm mostrado que estudantes aprendem geralmente melhor através de palavras e figuras do que apenas de palavras (LEVIN e LENTZ, 1982; LEVIN, ANGLIN e CARNEY, 1987). Isso é o que Mayer (1997) tem chamado de efeito multimídia (SCHNOTZ, 2005, p. 60).

Sustentados pelo estudo das memórias sensorial, operacional e de longo prazo, juntamente com o código duplo estudado por Paivio citado por Carvalho (2002), a introdução de figuras no texto oferece inicialmente uma vantagem adicional por usar dois canais perceptivos e dois canais cognitivos na integração da mensagem, isto, desde que a representação externa seja usada corretamente. Entretanto, a representação externa deve levar em consideração o tipo de conteúdo abordado e as características do grupo de alunos que receberá a informação, sendo importante deixar claro que o uso de figuras e texto nem é sempre positivo

(FLETCHER; TOBIAS, 2005, p.117). Assim, o princípio da representação múltipla para adicionar ganhos na aprendizagem requer um estudo prévio de quais mídias devem ser utilizadas em uma apresentação, de que maneira serão utilizadas, em qual sequência, se são condizentes com o grupo de alunos que irão utilizá-las. Estes fatores devem ser observados para não correr o risco de acabar sendo um material instrucional improdutivo e que dificulta o aprendizado em vez de facilitá-lo (FLETCHER; TOBIAS, 2005, p.124). Alunos com baixo conhecimento prévio levam vantagens na utilização de texto e figuras quando comparados com alunos experientes no conteúdo.

De acordo com Hannafin, citado por Fletcher e Tobias (2005, p.120), o princípio de representação múltipla traz efeitos positivos porque as figuras permitem melhor organização da instrução que está sendo aprendida, permitem recordar mais facilmente por enfatizar conceitos importantes e melhoram a integração da instrução apresentada. Um número maior de representações mentais são formadas quando se usa figuras e textos, e, conseqüentemente, mais correlações são articuladas na memória operacional e na memória de longo prazo, melhorando tanto a retenção quanto a transferência do que foi ensinado.

Baseado no princípio de representação múltipla é recomendado para o desenvolvimento de materiais instrucionais a utilização de textos e figuras relacionados ao conteúdo, principalmente para alunos com baixo conhecimento prévio, mas que tenham habilidades cognitivas suficientes para processar texto e figura, trazendo melhor desempenho no aprendizado.

2.4.7.2 O Princípio da modalidade

Alunos aprendem com maior facilidade se numa apresentação multimídia, as figuras são apresentadas junto com texto narrado (SCHNOTZ, 2005, p.65). Como visto anteriormente, os dois principais canais sensoriais são o visual e o auditivo. Se apresentarmos texto narrado, a informação entrará pelo canal auditivo, enquanto a informação da figura entrará pelo canal visual, não ocorrendo sobreposição da informação em um mesmo canal. Se a apresentação multimídia for do tipo texto

escrito e figura, ambas as informações entrariam pelo mesmo canal - o visual. Isto determinaria uma divisão da atenção dada à apresentação, pois, ao mesmo tempo a memória operacional visual (que é limitada) estaria formando representações mentais divididas para texto e figuras em um espaço limitado de tempo. A memória operacional visual tem capacidade de converter informações de texto visual para o canal verbal. Desta forma, hora os olhos desviam para figura, hora para o texto (atenção dividida), o que culmina em maior dificuldade de aprendizagem pela utilização de um só canal. De acordo com o modelo TCAM, texto narrado e figuras, entram por canais diferentes, possuem espaços limitados diferentes na memória operacional, formando muitas representações mentais que integradas, facilitam o aprendizado. Assim texto narrado e figuras possuem canais separados para sua interpretação inicial.

2.4.7.3 Princípio da Coerência

Alunos aprendem mais se os textos e figuras usados na apresentação multimídia são semanticamente coerentes, isto é, são desprovidos de materiais desconexos, que aumentam a sobrecarga cognitiva extrínseca da teoria proposta por Sweller (2005). Neste caso, o material desconexo da apresentação multimídia, que pode ser um material interessante, atrativo, mas que não está relacionado com o conteúdo, acaba sobrecarregando cognitivamente. Isto ocorre porque este material desconexo tem que ser processado, o que toma tempo e espaço na memória de trabalho, que poderiam estar sendo empregados para o conteúdo conciso da apresentação multimídia. Os resultados da aprendizagem ficam prejudicados pelo grupo de informações não semanticamente relacionado ao conteúdo essencial. Entende-se por material desconexo: figuras que não tem relação com o texto ou vice versa; palavras estranhas no texto que acabam alocando mais da cognição para sua interpretação, sem que ocorra o seu emprego para compreensão do conteúdo essencial; uso de sons que podem interferir na apresentação quando o texto é narrado junto com a figura, pois, todos os sons entram pelo mesmo canal.

Na construção de material instrucional devemos levar em consideração o princípio da coerência, que diz que, quando ocorrer sobrecarga cognitiva externa devemos eliminar o material desconexo para que seja processado apenas o conteúdo essencial, com figuras e texto semanticamente coerentes (SCHNOTZ, 2005, p.60).

2.4.7.4 Princípio da sequência de figura e texto

Quando figuras são complexas, estas acabam não tendo relação temporal com o texto, desta forma é melhor apresentar a figura antes do texto que depois (SCHNOTZ, 2005, p.65). Na figura está embutida uma série de informações que não são totalmente explicitadas no texto, portanto, se este é apresentado primeiro, ao analisar a figura, o aluno verá apenas o indicado no texto, uma vez que o modelo mental produzido pelo texto difere da figura, por não abranger todos os detalhes desta. Se a figura aparece depois do texto, é analisada apenas como figura, e não como figura integrada ao texto. Portanto na construção de materiais instrucionais o princípio da sequência de figura e texto, orienta que durante uma apresentação multimídia, apresentar a figura antes do texto traz melhores resultados cognitivos, que o texto seguido da figura.

2.4.7.5 Princípio da contiguidade

Em uma apresentação multimídia figuras e textos devem ser apresentados simultaneamente no tempo e no espaço, simultaneamente no tempo é a contiguidade temporal, simultaneamente no espaço é a contiguidade espacial. A contiguidade temporal refere-se ao fato do texto ter relação semântica com a figura. Por exemplo, se falarmos na embriologia de sistemas sobre o desenvolvimento de veias, no momento em que a animação mostra as veias subcardinais, o texto narrado deve falar do surgimento e das características das veias subcardinais, desta

forma texto e figura ficam semanticamente relacionados. Utiliza-se, portanto, canais perceptivos e cognitivos diferentes, o que não sobrecarrega a memória operacional e permite a integração da informação para melhor compreensão do conteúdo. Caso o texto narrado seja apresentado antes da figura, as informações relevantes (palavras) teriam que ser retidas na memória operacional até que a figura fosse apresentada, isto é denominado de manutenção representativa, o que provocaria sobrecarga cognitiva e a diminuição da compreensão do conteúdo essencial. O mesmo acontece se o texto é apresentado depois da figura (MAYER, 2005b, p.190). Isto ocorre devido à limitação da capacidade da memória operacional. Assim a utilização de figuras e texto narrado simultaneamente traz melhores resultados no aprendizado (SCHNOTZ, 2005, p.60).

A contiguidade espacial diz respeito à apresentação de figuras e texto escrito próximos espacialmente. Este princípio é desrespeitado quando o texto está em uma página e figura na outra, fazendo com que o aluno gaste tempo em procurar conteúdos correspondentes entre texto e figura porque palavras e figuras estão distantes uma da outra. Este processo de procura aumenta a carga cognitiva aumentando a dificuldade de integração da informação (AYRES; SWELLER, 2005, p.135), deste modo, apenas uma parte da informação entra pelos olhos de cada vez, determinando a formação do efeito atenção dividida. Isto pode ser minimizado se figuras e palavras semanticamente relacionadas estiverem próximas no espaço, uma vez que todas as informações entram pelo canal visual. A apresentação de texto escrito próximo da figura, tanto em páginas quanto em telas, integra melhor o conteúdo do que se forem apresentados longe um do outro (MAYER, 2005b, p.195). O TCAM propõe então o princípio da contiguidade espacial, em que numa apresentação multimídia que usa texto escrito e figuras, estas devem ficar próximas espacialmente uma da outra (SCHNOTZ, 2005, p.65).

2.4.7.6 O princípio da redundância

Corresponde a um efeito negativo quando as apresentações multimídia contem repetições excessivas de informação. Isto acarreta uma sobrecarga

cognitiva pelo fato da memória operacional processar um material instrucional que não adiciona contribuição na compreensão do conteúdo. Existe a redundância específica e a redundância geral. A redundância específica ocorre em apresentações multimídias que empregam figuras, texto falado e texto escrito simultaneamente abordando o mesmo assunto. Isto pode prejudicar a aprendizagem, provavelmente pelo fato de ocorrer uma atenção dividida para a figura e o texto escrito que utilizam o mesmo canal sensorial, e também por não haver um sincronismo de processamento entre texto escrito e falado, pois, apesar de abordarem o mesmo conteúdo, geralmente, a leitura do texto pode ser mais rápida que o texto narrado (SCHNOTZ, 2005, p.62). Assim o princípio da redundância específica mostra que é melhor em apresentações multimídia empregar texto narrado e figuras, ou texto escrito e figuras, do que a utilização de texto narrado, texto escrito e figuras na abordagem de um mesmo item do conteúdo.

O efeito redundância geral diz respeito à utilização de texto narrado e figuras para alunos com elevado conhecimento prévio sobre o assunto abordado. Os alunos não utilizam as duas fontes para a mesma informação porque já possuem esquemas mentais prontos que são rapidamente acessados para a interpretação e a compreensão do conteúdo. Neste caso, a adição de mais de uma fonte para explicar a informação, torna-se redundante e dificulta o aprendizado, porque a memória operacional processa o material. Assim, para alunos com níveis elevados de conhecimento prévio a utilização de uma representação externa na apresentação multimídia traz vantagens.

2.4.7.7 Princípio da sinalização

Este princípio alerta sobre o uso inadequado de figuras em apresentação multimídia. Quando se expõe determinado conteúdo a figura deve ser projetada de tal maneira, que acompanhe a explicação, propiciando a formação de um modelo mental que leva a compreensão. Este princípio afirma que o aluno aprende melhor quando a mensagem multimídia inclui guias tipográficos ou linguísticos e técnicas de “layout” que organizam o foco do leitor para o material relevante. Direcionar a

atenção do aluno leva-o a focar os elementos importantes para os objetivos da lição e facilita a seleção e organização na memória operacional. É importante a produção de uma figura que realce os detalhes importantes do conteúdo, direcionando a atenção do aluno para os elementos mais importantes, favorecendo a seleção e a organização das informações na memória operacional. Isto facilita o aprendizado tanto para alunos com baixo conhecimento prévio quanto para alunos com elevado conhecimento prévio (SCHNOTZ, 2005, p.63).

- Considerações gerais sobre a TCAM

A teoria cognitiva de aprendizagem multimídia está vinculada ao conhecimento do desenvolvimento cognitivo, e, mostra que boa parte das dificuldades da aprendizagem está ligada às metodologias inadequadas e confecção de materiais didáticos inapropriados ao conteúdo a ser abordado. Podemos falar em uma didática de ensino relacionada a neurociências, que se baseia nos estudos da psicologia cognitiva e das neurociências cognitivas para a construção de materiais multimídia confeccionados de acordo com o modo de trabalho da mente humana. A didática de ensino relacionada a neurociências usa como princípios norteadores, os múltiplos sistemas de memória de Atkinson e Shiffrin citado por Eysenck e Keane (2007), a memória operacional de Baddeley citado por Gazzaniga, Ivry e Mangun (2006), o trabalho dos psicólogos cognitivos como os de Mayer (2005a) sobre a teoria da cognição da aprendizagem multimídia (TCAM), a teoria da sobrecarga cognitiva de Sweller (2005), o código duplo de Paivio citado por Carvalho (2002), que estão incorporados no modelo de compreensão de texto e figura de Schontz e Bannert citado por Mayer (2005b). As evidências psicofisiológicas, anatômicas, citológicas e moleculares, completam os fundamentos da didática relacionada a neurociências. O problema chave é como ensinar, usando de recursos multimídia permitindo um aprendizado significativo? O professor, além de conhecer teoricamente o conteúdo abordado, deve conhecer a carga cognitiva do conteúdo, deve conhecer e levar em consideração o conhecimento prévio dos alunos sobre o conteúdo e procurar utilizar os princípios já conhecidos da teoria cognitiva de aprendizagem multimídia para confeccionar um material didático apropriado.

Na tentativa de localizar áreas cerebrais para funções específicas da memória, observa-se a complexidade dos circuitos cerebrais, que envolvem caminhos diversos para entendermos o mundo externo e interno. Nos casos de aprendizagem, tais tentativas proporcionam novas maneiras de abordar conteúdos, tornando-os mais atraentes para a cognição, viabilizando mecanismos de memória que sejam realmente competentes em formar os circuitos correspondentes que realcem o que se aprende.

3 ANÁLISE DA INTERAÇÃO TEXTO-IMAGEM DO CONTEÚDO DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA CARDINAL NOS LIVROS DIDÁTICOS DE EMBRIOLOGIA

Fizemos uma incursão na abordagem de livros didáticos quanto ao tema de estudo deste trabalho: desenvolvimento embriológico do sistema cardinal. Foram analisados 4 livros de embriologia que tem bastante aceitação no meio acadêmico, observando as características relacionadas aos princípios da TCAM que norteiam esta dissertação. Estes princípios serviram de referencia para análise e comparação dos livros, entre eles: da sinalização, da coerência, da redundância e da contiguidade.

De forma geral, nota-se o empenho de autores, editores e projetistas na elaboração de livros mais próximos da realidade do assunto, que evidenciam as novas descobertas na área e que utilizam tecnologias atuais. Entretanto, observa-se que muitas vezes o mecanismo de raciocínio/aprendizagem do aluno não são considerados. Os livros didáticos de embriologia possuem uma leitura de texto densa, principalmente por ser carregada de termos científicos e contem muitas figuras para ajudar na elucidação das explicações (ciência visual).

Na Tabela 1 apresentamos a relação dos quatro livros investigados. Detectamos nestes livros textos explicativos com sequencias longas sobre o desenvolvimento embrionário que exigem do aluno muita atenção devido à riqueza de detalhes. Para entendimento do conteúdo é necessário quase sempre fazer uma releitura do texto associada a uma análise minuciosa das figuras para compreensão de cada etapa do desenvolvimento descrito no texto.

TABELA 1
Livros de Embriologia utilizados na pesquisa

Autor	Título	Ano	Editora
Moore Persuad	Embriologia Clínica	2009	Elsevier
José Hib	Embriologia Médica	2008	Guanabara koogan
César Gomes Dumm	Embriologia Humana	2006	Guanabara koogan
Netter Larry R. Cochard	Atlas de Embriologia Humana	2003	Artmed

Fonte: Dados do autor

O livro “*Embriologia Clínica*” quando inicia a explicação do desenvolvimento das veias associadas ao coração (MOORE; PERSAUD, 2009, p. 293) descreve no texto a função das veias cardinais, e ao mesmo tempo apresenta um desenho esquemático em que são indicadas as veias cardinais comum, anterior e posterior. (Figura 13).

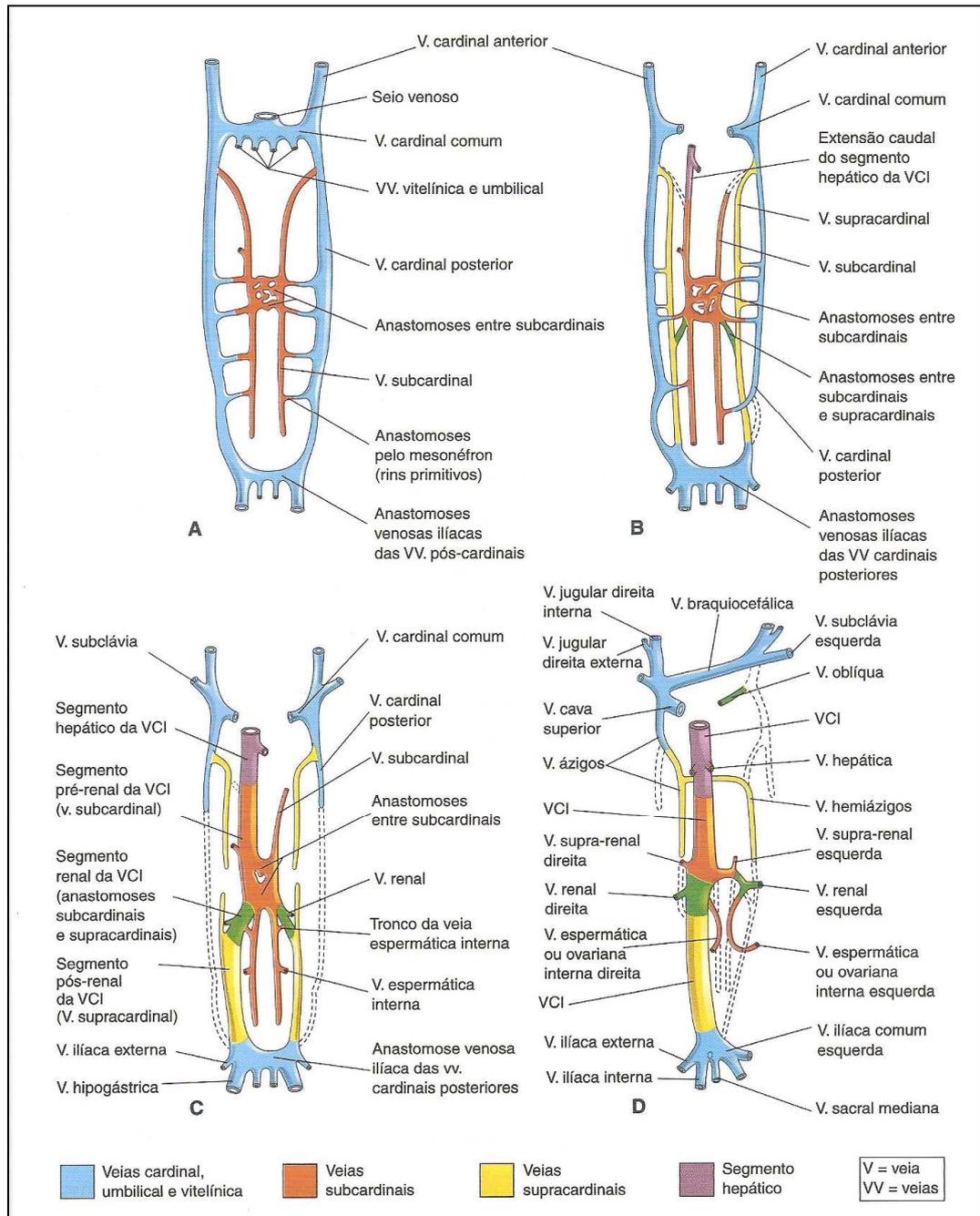


Figura 13: Veias primitivas do tronco do embrião humano
 Fonte: Moore; Persaud, 2009.

Observamos que o princípio multimídia é seguido, ou seja, a aprendizagem é favorecida com a utilização de figuras e palavras, ao invés de apenas figuras ou palavras. Entretanto, de acordo com a TCAM, o princípio da contigüidade não é obedecido. A Figura está na página 293 e a explicação sobre as veias cardinais encontra-se nas páginas 292 e 295. Isto sobrecarrega a memória operacional porque os olhos hora procuram a figura, hora o texto. Outro fator que compromete a

aprendizagem é a presença na figura de vários itens, segundo Sternberg (2008), o nosso registro sensorial se prende a 7 mais ou menos 2 número de itens, o que facilita a disponibilização de informações pertinentes ao conteúdo na memória de curto prazo. Em seguida, aparecem na página 365 quatro desenhos seqüenciais que descrevem o desenvolvimento do sistema cardinal, das veias umbilicais e da veia cava inferior. Estas figuras são complexas e volumosas com densidade alta de informações. Didaticamente seria mais interessante se os desenhos fossem apresentados separadamente para evidenciar o desenvolvimento de cada tipo de veia com os seus subtipos, isto diminuiria a sobrecarga cognitiva intrínseca e extrínseca, por apresentar um menor número de informações para serem processadas. Na página 366, encontramos desenhos que mostram o coração em desenvolvimento numa vista dorsal, e indicam parte final do desenvolvimento das veias cardinais em uma seqüência de 3 desenhos. Estes desenhos indicam também as veias vitelínicas, as veias umbilicais, o fígado e adjacências, tornando as figuras densamente povoada de itens, produzindo assim sobrecarga cognitiva intrínseca e extrínseca, principalmente para alunos iniciantes. Portanto, observamos que existe muito material desconectado a temática descrita no texto que deve ser eliminado. Por exemplo, quando se está falando das veias subcardinais, os demais itens não relacionados a estas veias causam sobrecarga cognitiva extrínseca, por não seguirem o princípio da coerência. O material não relacionado diretamente ao sistema cardinal deveria ser separado e explicado distintamente do sistema cardinal, não provocando desta forma a sobrecarga cognitiva extrínseca. Ressaltamos que não se trata de material redundante, pois, faz parte do conteúdo complexo e essencial que deve ser estudado. O que estamos colocando nesta abordagem é uma análise direcionada para o processo cognitivo de aprendizagem.

A análise do livro "*Embriologia Médica*", sob o ponto de vista da TCAM, mostra basicamente as mesmas dificuldades didáticas apresentadas acima. A secção relacionada ao sistema cardinal apresenta uma explicação para o desenvolvimento venoso da cabeça, pescoço e membros superiores e uma divisão para as veias do tronco e membros inferiores na página 135.

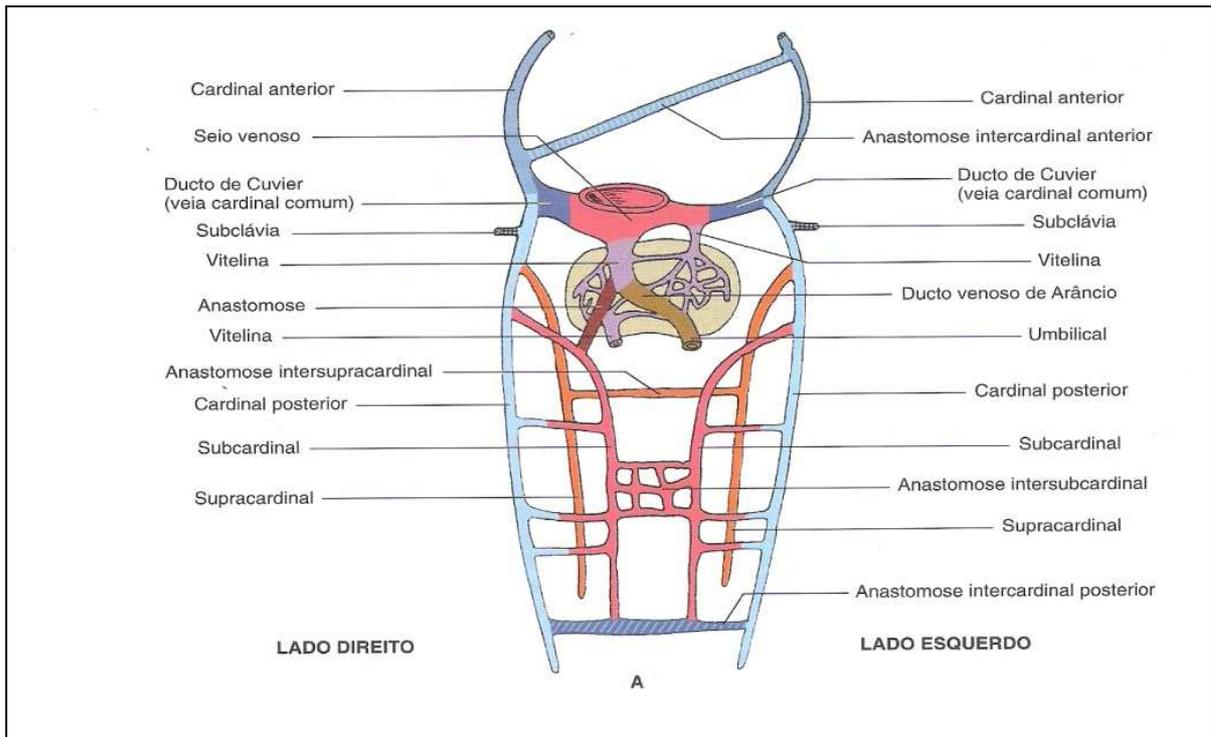


Figura 14: Desenvolvimento do sistema venoso
 Fonte: Hib, 2008

Nesta secção o texto vem antes da Figura (p. 136) e as figuras em outra página (p.137), provocando assim a atenção parcial ou dividida, não seguindo o princípio da contiguidade. As figuras são complexas pela grande quantidade de itens presentes em cada uma, tornando sua interpretação difícil, isto é, com elevada sobrecarga cognitiva extrínseca (observe a Figura 14). As cores diferentes em cada estrutura do desenho facilitam o entendimento cronológico de desenvolvimento.

A análise do livro “Embriologia Humana”, que se caracteriza como um atlas mostrou características didaticamente mais atraentes. Em relação ao desenvolvimento de veias, ocorre a separação do primeiro desenho esquemático presente na página 273 (Figura 15) indicando apenas os itens relacionados ao desenvolvimento de veias, diminuindo assim a sobrecarga cognitiva extrínseca e aproximando do número 7 mais ou menos 2 com relação a quantidade de elementos que são temporariamente guardadas na memória de curto prazo, passíveis de serem processadas mentalmente.

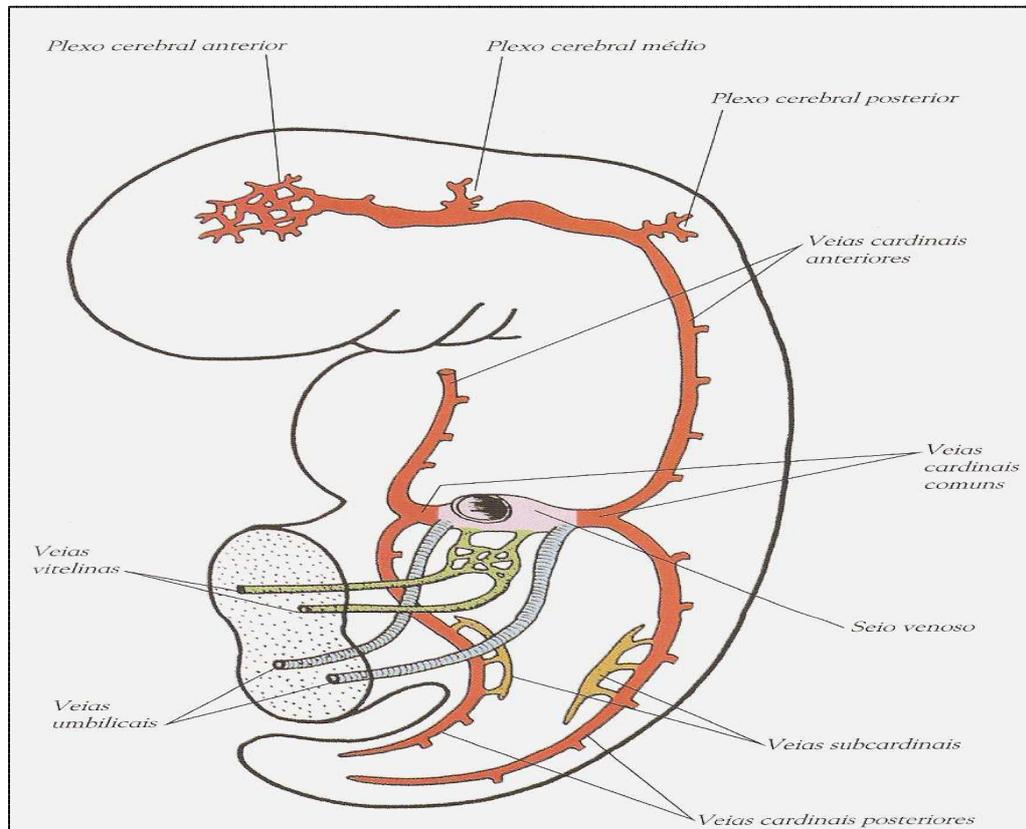


Figura 15: Embrião na 4ª semana, com os principais sistemas venosos.
 Fonte: Gómez Dumm, 2006

Esta Figura aparece na mesma página do início da explicação do texto, entretanto, a maior parte da explicação desta figura está na página seguinte, 274. Novamente o princípio da contiguidade foi desconsiderado. Observamos que durante a explicação do desenvolvimento venoso, as figuras tornam-se mais complexas (sobrecarga cognitiva extrínseca), pelo fato de tentar abarcar todas as modificações que ocorrem nos principais grupos de veias, caindo na mesma dificuldade dos livros anteriores. O excesso de itens para serem processados nas figuras determinam uma sobrecarga cognitiva intrínseca, devido à limitada capacidade da memória operacional.

Quanto ao livro “*Atlas de Embriologia Humana*”, a parte referente ao desenvolvimento de veias, tem os desenhos muito bem projetados, que chamam a atenção pelas cores e estruturas tridimensionais que não são esquematizadas com tanta profundidade nos livros anteriores (veja exemplo na Figura 16).

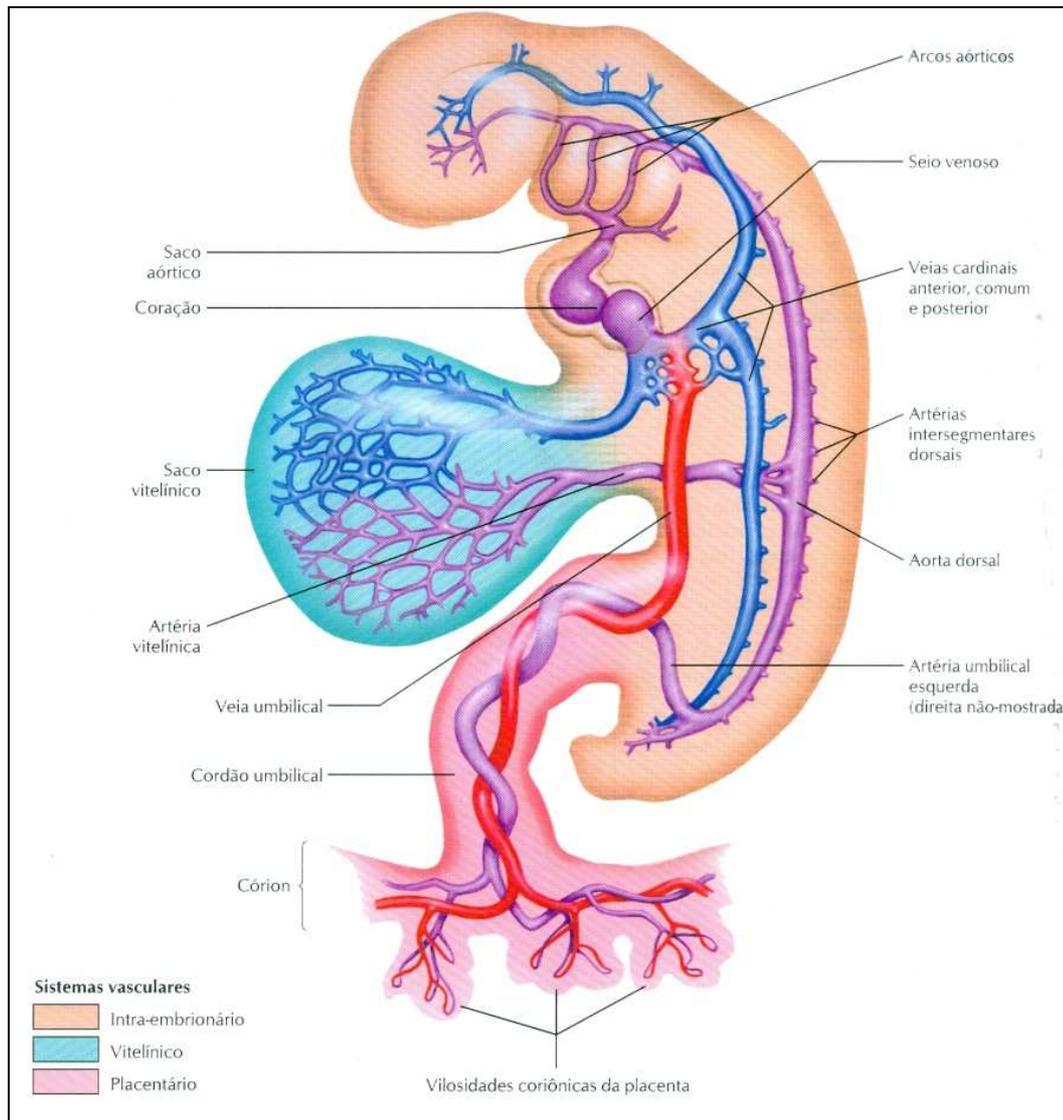


Figura 16: Sistemas vasculares iniciais
 Fonte: Cochard; Netter e Frank, 2003

As figuras vêm sempre antes do texto explicativo, o que segue o princípio seqüencial de texto e figura. Além disso, a figura e o texto explicativo relacionados encontram-se na mesma página, seguindo o princípio da contigüidade. As cores ajudam a entender a derivações que cada veia do sistema cardinal forma, pois, cada uma tem uma cor padrão. Por se tratar de um atlas, as figuras apesar de bem projetadas, possuem enorme quantidade de itens que incorre no mesmo problema citado anteriormente, da existência de sobrecarga cognitiva extrínseca, devido ao excesso de informações que devem ser processadas na memória operacional. Outro

ponto a ser ressaltado é a ausência do princípio da coerência, pois, o texto explica precariamente os detalhes das figuras. Isto pode ser justificado pelo fato do livro ser do tipo atlas, não requerendo todas as explicações teóricas necessárias para a compreensão das imagens.

3.1 Tratamento usual da relação texto-imagem nos livros investigados

A seguir apresentaremos o resumo da análise dos quatro livros investigados levando em consideração os princípios da TCAM. A porcentagem dos princípios satisfeitos nas imagens/textos analisados está apresentada na Tabela 2.

TABELA 2

Freqüência relativa dos princípios satisfeitos, considerando-se o total de imagens analisadas.

Livro	Princípios Satisfeitos			
	Sinalização (%)	Coerência (%)	Redundância (%)	Contigüidade (%)
Embriologia Clínica	0	10	30	10
Embriologia Médica	0	0	0	25
Embriologia Humana	0	90	20	20
Atlas de Embriologia Humana	0	10	10	100

Fonte: Dados do autor

No livro de “Embriologia Clínica”, para a explicação do sistema venoso, no qual inclui o sistema cardinal, foram analisadas 10 figuras, o mesmo ocorrendo com os livros de “Embriologia Humana” e “Atlas de Embriologia Humana”. No livro de “Embriologia Médica foram analisados 4 desenhos para explicação do sistema venoso.

No livro “Embriologia Humana”, em que foram satisfeitos apenas 20% do princípio da redundância, 8 figuras tem um número de itens por volta de 12, bem

próximo do esperado que é por volta de 9, o que mostra um padrão no desenvolvimento da figura. Das 10 figuras do livro de “Embriologia Clínica”, uma corresponde a uma ultra-sonografia, o que para alunos iniciantes é de difícil entendimento.

A análise dos dados apresentados na Tabela 2 resultou em apontamentos importantes, que justificam a escolha do tema desta dissertação e levantam questões relevantes que devem ser levadas em consideração na elaboração do produto. Gostaríamos de destacar os seguintes problemas detectados na abordagem do conteúdo do desenvolvimento embriológico do sistema cardinal nos livros didáticos de embriologia:

- existência de número elevado de itens a serem estudados por figura. As figuras, na maioria das vezes, tentam abordar simultaneamente vários segmentos do desenvolvimento embrionário que acontecem em determinado período;

- existência de figuras complexas para serem compreendidas por alunos iniciantes (sobrecarga cognitiva extrínseca e intrínseca). Como os alunos iniciantes não possuem esquemas mentais já formados sobre este assunto que o ajudem a compreensão da figuras, torna-se difícil a compreensão mental destas figuras.

- existência de figuras com textos explicativos em posições inadequadas nas páginas, dificultando o estabelecimento da relação entre texto e figura pelo aluno;

- a maioria das figuras são apresentadas depois do texto explicativo, de acordo com o princípio seqüencial de texto e figura, seria mais adequado que a figura aparecesse antes do texto.

Nossa análise partiu de alguns princípios de planejamento de textos e da relação de textos e imagens advindos das pesquisas empíricas de Mayer e colaboradores. A obediência a estes princípios podem tornar a aprendizagem mais eficiente. O direcionamento da atenção do aluno leva-o a focar os elementos importantes para os objetivos da lição (sinalização), a integração entre texto e imagem (contigüidade), a retirada de informações desnecessárias da imagem (coerência) e a divisão da mensagem em passos ou segmentos facilitam a seleção e a organização na memória operacional, facilitam a conexão mental e, portanto, favorecem a aprendizagem.

Diante do exposto justifica-se o produto desta dissertação, por trazer uma proposta consonante com a realidade apontada. Baseando-se nos princípios da

TCAM, nos propomos a elaborar uma apresentação multimídia que visa minimizar os problemas apontados neste capítulo para se adequar ao modelo do processamento cognitivo humano. Esta apresentação multimídia visa principalmente reduzir as sobrecargas cognitivas intrínseca e extrínseca e também a atenção dividida presente nos materiais didáticos disponíveis sobre o tema desenvolvimento embrionário do sistema cardinal.

4 O PRODUTO

4.1 Descrição

De acordo com os objetivos propostos foi produzido um CD que pode servir de material de apoio para o professor. Neste material mostramos de forma inovadora como confeccionar uma aula de embriologia de sistemas apontando aplicações de princípios relacionados ao mecanismo de processamento da informação pela mente humana. A idéia central é a construção de um produto instrucional baseado em dados atualizados do mecanismo de processamento das informações na mente humana, suportados pela psicologia e pela neurociência cognitivas. Propomos desta maneira um modelo instrucional que contribua para a aprendizagem com um desgaste mental menor em relação às didáticas atuais de ensino. Para isso, foi feito um estudo da Teoria Cognitiva de Aprendizagem Multimídia proposto por Schontz e Bannert citado por Mayer (2005b). Esta teoria aplica novos conceitos educativos fundamentados cientificamente para apresentações multimídias. A partir deste estudo foram selecionados e aplicados princípios na construção de uma apresentação multimídia que utiliza a associação de textos e figuras e que estabelece vínculos entre o conteúdo e o perfil de alunos para o qual o produto é destinado. Escolhemos como material didático multimídia uma apresentação de slides em “PowerPoint” como instrumento para aulas sobre a temática. Ressaltamos que este recurso é acessível nas faculdades e universidades e a maioria dos professores tem domínio de sua utilização.

O CD-Rom (Apêndice A) é composto de:

- 1- Um texto de apoio para o professor que serve para elucidação de dúvidas referentes à parte teórica do desenvolvimento do sistema cardinal durante a fase embrionária.

- 2- Uma apresentação em PowerPoint sobre o desenvolvimento do sistema venoso cardinal elaborada de acordo com os princípios da TCAM.

3- Um texto que dê suporte para a utilização da apresentação em sala de aula.

4- Testes avaliativos aplicados durante o período da pesquisa referentes ao desenvolvimento do sistema venoso cardinal.

5- Uma cópia digital desta dissertação. Isto irá permitir que o professor informe-se sobre os mecanismos cognitivos de aprendizagem e também utilize a metodologia de elaboração de material didático aplicada nesta dissertação para outros conteúdos da área biológica.

Ressaltamos que os materiais disponibilizados no CD podem ser aplicados na íntegra ou selecionados e modificados para atender às necessidades do professor e seus alunos, de acordo com a realidade de cada um.

4.2 Apresentação em “PowerPoint” sobre o desenvolvimento do sistema cardinal

Para evidenciar como ocorreu a formação do produto é colocada uma seqüência de etapas que serviram para a construção do material didático e que também pode orientar a construção de novos materiais didáticos sobre outros temas de embriologia.

Inicialmente foi feita a escolha do tema, neste caso, o desenvolvimento embriológico dos sistemas. Esta temática faz parte do conteúdo normal do programa do Curso de Medicina e da disciplina Histologia e Embriologia Médica II ministrada pelo pesquisador na Faculdade Atenas, situada na cidade de Paracatu-MG, o que permitiu e facilitou a experimentação e a avaliação do produto.

Entretanto, pelo fato do conteúdo de embriologia de sistemas ser bastante extenso, optamos em trabalhar especificamente com o desenvolvimento embriológico do sistema cardinal para produzir um produto educacional baseado no desenvolvimento do processo cognitivo. Nossa escolha se baseia nos seguintes fatos:

- É um conhecimento com informações complexas essencial para a compreensão do conteúdo de embriologia.

- Evidencia uma cronologia no surgimento e degeneração de estruturas, que são processos comuns durante o desenvolvimento embrionário.
- Permite compreensão anatômica e espacial, fatores importantes do desenvolvimento embrionário.
- Permanência no indivíduo adulto, de estruturas derivadas do desenvolvimento das veias cardinais, o que permite a realização de testes de transferência sobre assunto.
- Os materiais didáticos utilizam de figuras e textos para instrução deste conteúdo.

Assim, consideramos que o desenvolvimento embriológico do sistema cardinal torna-se um bom substrato para o desenvolvimento de materiais instrucionais na disciplina embriologia.

Escolhido o tema partimos para a seleção das imagens para a construção da apresentação em “PowerPoint”. Neste ponto cabe um esclarecimento importante. O direito autoral regula as relações jurídicas provenientes da criação e utilização das obras intelectuais originadas nos diferentes meios, artístico, literário e científico. O titular da obra tem direito a proteção no que tange a questão patrimonial e moral (PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE MINAS GERAIS, 2009). É direito do autor ter seu nome sempre vinculado a sua obra, tendo direito também a se opor a quaisquer mudanças que nela se pretenda. Sendo assim, para se utilizar figuras do livro didático, como é o caso deste trabalho, dois procedimentos são fundamentais e obrigatórios: a citação da fonte (autoria da figura) e também autorização dos interessados, neste caso das editoras, para uso e modificação das figuras.

Isto colocado, passamos a seleção das imagens a partir da análise de livros didáticos de embriologia apresentados no capítulo 3 desta dissertação. As figuras dos livros foram escaneadas e tratadas no programa “Adobe photoshop CS2 e CS3”. Posteriormente cada figura modificada foi então transferida para o programa “PowerPoint”, e passou por uma animação personalizada onde a seqüência do aparecimento das setas indicando os nomes das estruturas coincide com o texto e serve de eixo para explicação da figura. Os slides montados retratam a sequencia de surgimento e desaparecimento de estruturas do sistema cardinal, mostrando no final quais vasos sanguíneos provenientes deste sistema ficam no adulto. Estes procedimentos permitiram que fossem aplicados os princípios da TCAM na

elaboração do material entre os quais destacamos:

- Com figuras “limpas” podemos colocar um conjunto de setas que se aproxima de 7 mais ou menos 2 elementos, o que permite a entrada de informações sem sobrecarga cognitiva na memória operacional. A importância desta fase está na retirada de material redundante. Desta forma evitando a sobrecarga cognitiva extrínseca e intrínseca no processamento da informação;

- Seguimos o princípio da representação múltipla, quando as figuras foram colocadas antes do texto. Optamos pela projeção da imagem e utilização de texto narrado, assim são empregados canais diferentes para entrada da informação;

- Seguimos o princípio da contigüidade espacial e temporal e da sinalização ao colocarmos uma seta na estrutura que aparece no momento que esta está sendo explicada. Assim o aluno não perde tempo na espera da explicação narrada enquanto está vendo a estrutura referenciada na figura.

- Na confecção do texto de apoio para o professor, seguimos o princípio da coerência, quando utilizamos figuras e texto semanticamente semelhantes.

A seguir apresentaremos cada slide da apresentação (disponível no CD) seu objetivo, as modificações e os princípios utilizados na confecção deste material instrucional. Ao mesmo tempo, apresentaremos a explicação do conteúdo para facilitar a interpretação e a compreensão de cada figura.

Durante a apresentação de todos os slides observaremos o princípio da contigüidade temporal, em que a figura será explicada simultaneamente para diminuir a atenção parcial do aluno. Como visto anteriormente no referencial teórico (Capítulo 2), a imagem da figura entrará pelo canal visual e a explicação falada entrará pelo canal auditivo, não sobrecarregando a memória operacional, porque o processamento passa a ser nas memórias operacionais: auditiva e visual. Se fosse utilizado figura e explicação de texto escrito, os dois blocos da mesma informação entrariam pelo canal visual, o que sobrecarregaria a memória operacional visual. A não utilização do texto escrito no momento da apresentação, evita também a atenção parcial, por não estar ocorrendo à procura da informação hora no texto, hora na figura. As informações estão indicadas na explicação à medida que o aluno observa as inserções de setas com o nome da estrutura, neste caso, estamos aplicando o princípio da contigüidade espacial também para diminuir a atenção parcial.

4.2.1 Slide 02 - Origem do sistema circulatório, com seus vasos sanguíneos e o coração primitivo.

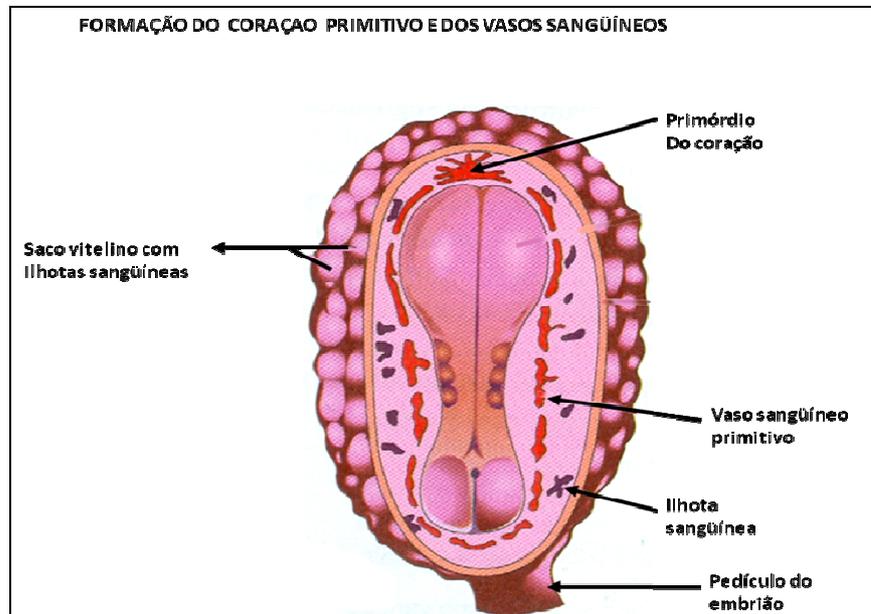


Figura 17: Coração primitivo e formação de vasos sanguíneos.
Fonte: Adaptado de Moore; Persaud, 2009

Objetivo do slide:

Mostrar o início do desenvolvimento embrionário do sistema circulatório, formação dos vasos sanguíneos, dos tipos de artérias, veias e capilares e do coração primitivo. Ao final da apresentação deste slide o aluno deverá entender como ocorre o desenvolvimento inicial do sistema circulatório e o período em que este processo ocorre.

Explicação do slide:

- O coração forma-se a partir da área cardiogênica que corresponde a um grupo de células que migraram a partir da linha primitiva e situam dorsalmente ao nó primitivo. Este grupo de células passará por mitoses e diferenciação para formação do coração. Isto no desenho corresponde ao primórdio do coração.

- Junto ao início da formação do coração começa o processo de formação dos vasos sanguíneos por hemangiogênese e angiogênese. A hemangiogênese é a formação de vasos sanguíneos e células do sangue a partir de ilhotas sanguíneas, representados no desenho nas ilhotas sanguíneas do saco vitelino. A angiogênese é a formação de vasos sanguíneos a partir de vasos sanguíneos preexistentes, representado no desenho por vaso sanguíneo primitivo e ilhota sanguínea no mesênquima.

- A presença no desenho do pedículo do embrião, é devida à formação de vasos sanguíneos nesta estrutura, que posteriormente corresponderá ao cordão umbilical.

- Os vasos sanguíneos originados do saco vitelino, do pedículo do embrião e da área cardiogênica confluem e originam o sistema circulatório primitivo que está ligado ao coração primitivo. O sangue circulante é proveniente inicialmente de células do saco vitelino.

Alterações realizadas na imagem original:

Foram omitidas da figura original (Figura 18) estruturas não diretamente relacionadas ao desenvolvimento do sistema circulatório, como a placa neural e somitos, que estavam bem evidentes no desenho. Foram colocadas setas que mostram a formação de vasos sanguíneos no saco vitelino, pedículo do embrião e área cardiogênica.

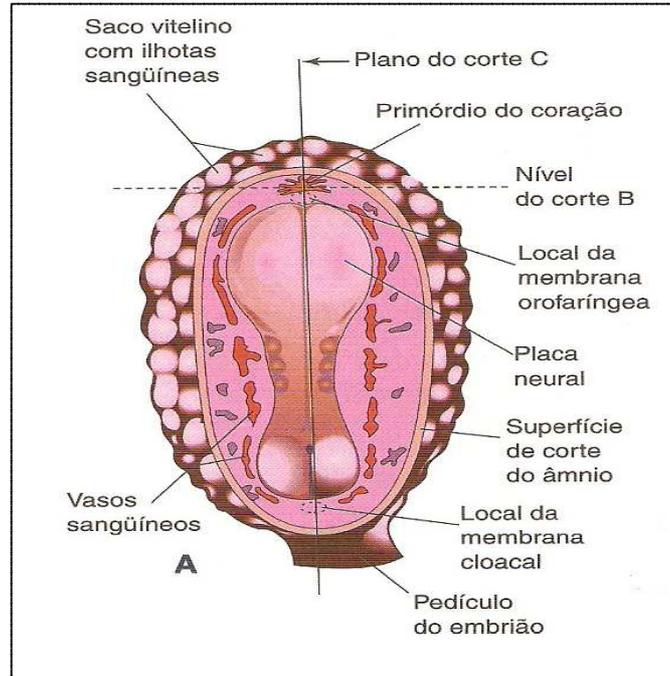


Figura 18: Coração primitivo e formação de vasos sanguíneos
Fonte: Moore; Persaud, 2009.

4.2.2 Slide 03 - estabelecimento do sistema circulatório

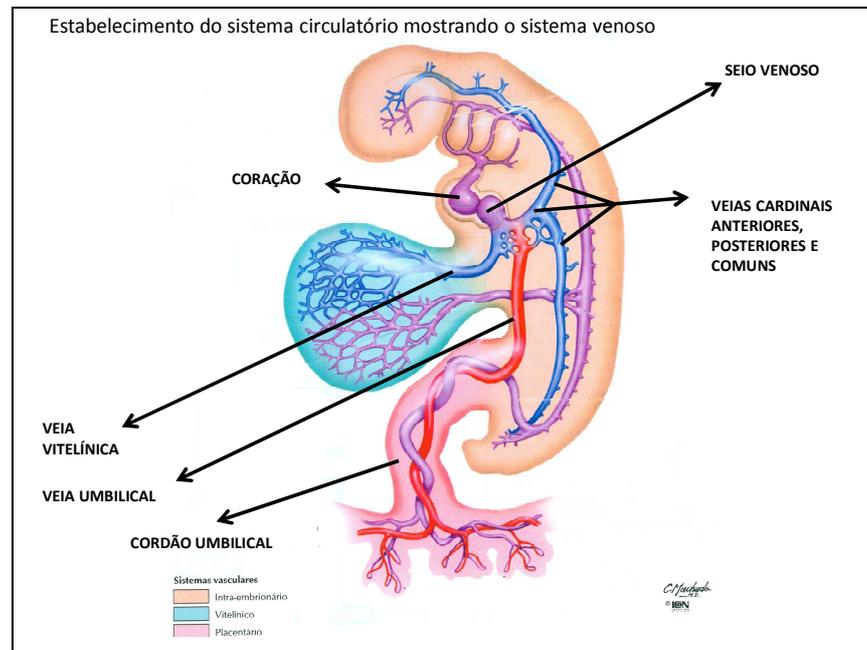


Figura 19: Estabelecimento do sistema circulatório.
Fonte: Adaptado de Cochard; Netter e Frank, 2003

Objetivo do slide:

Mostrar o estabelecimento da circulação no embrião e os vasos sanguíneos que participam da circulação venosa, evidenciando o sistema cardinal. Ao final da explicação deste slide o aluno terá noção de sistema circulatório primitivo, com um coração primitivo bombeando sangue por vasos sanguíneos que se modificarão ao longo do desenvolvimento embrionário.

Explicação do slide:

Do 22º dia para 23º dia é estabelecida a circulação no embrião com a formação do coração primitivo, e as principais veias e artérias que chegam e saem do coração. Relacionado ao sistema venoso temos:

- As veias umbilicais que levam sangue oxigenado para o coração.
- as veias vitelínicas que levam sangue pouco oxigenado do saco vitelino para o coração.
- as veias cardinais que drenam sangue do embrião e levam para o coração.
- O seio venoso é representado no desenho por ser o local de entrada do sangue proveniente do sistema venoso.

Alterações realizadas na imagem original:

Para diminuir a sobrecarga cognitiva extrínseca foram retiradas da figura original (Figura 20) as seguintes estruturas:

- Arcos aórticos, artérias intersegmentares dorsais, aorta dorsal, artéria umbilical esquerda, artéria vitelínica e saco aórtico. Pois, estas estruturas fazem parte do desenvolvimento do sistema arterial.
- Córion e vilosidades coriônicas da placenta estão indiretamente comentados na explicação quando se falar a função das veias umbilicais. Assim, estamos privilegiando estruturas relacionadas ao sistema venoso cardinal.

A exclusão destas estruturas na figura permitirá ao aluno a análise apenas do conteúdo essencial para este segmento do assunto - o sistema cardinal. Não ocorrendo sobrecarga extrínseca, a memória operacional passa a ter mais espaço

para o processamento das informações relevantes para o entendimento do tema abordado neste momento.

Foram colocadas setas para o coração, seio venoso, veias cardinais anteriores, posteriores e comuns, veia umbilical, veia vitelínica e cordão umbilical.

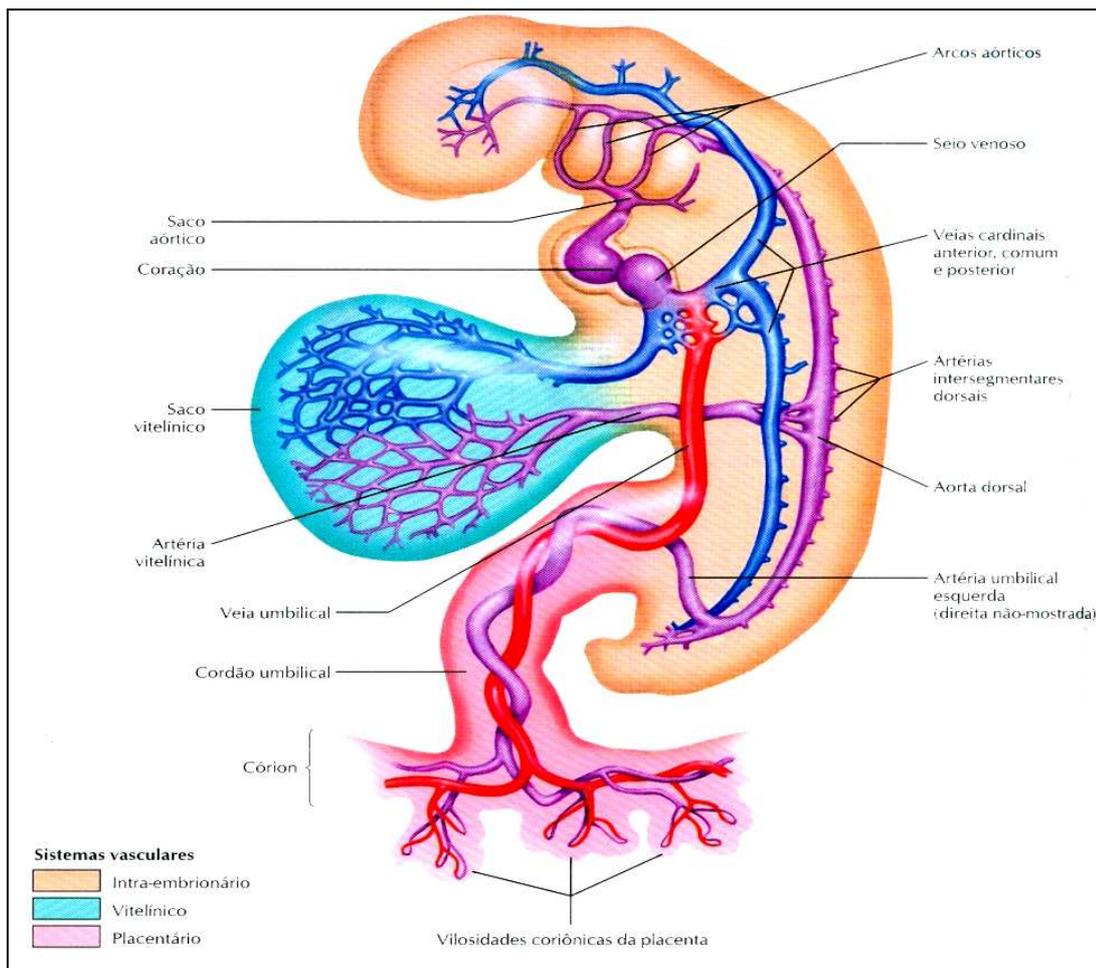


Figura 20: Estabelecimento do sistema circulatório

Fonte: Cochard; Netter e Frank, 2003

4.2.3 Slide 04 - Desenvolvimento De Veias Cardinais Anteriores, Posteriores E Comum Esquerda

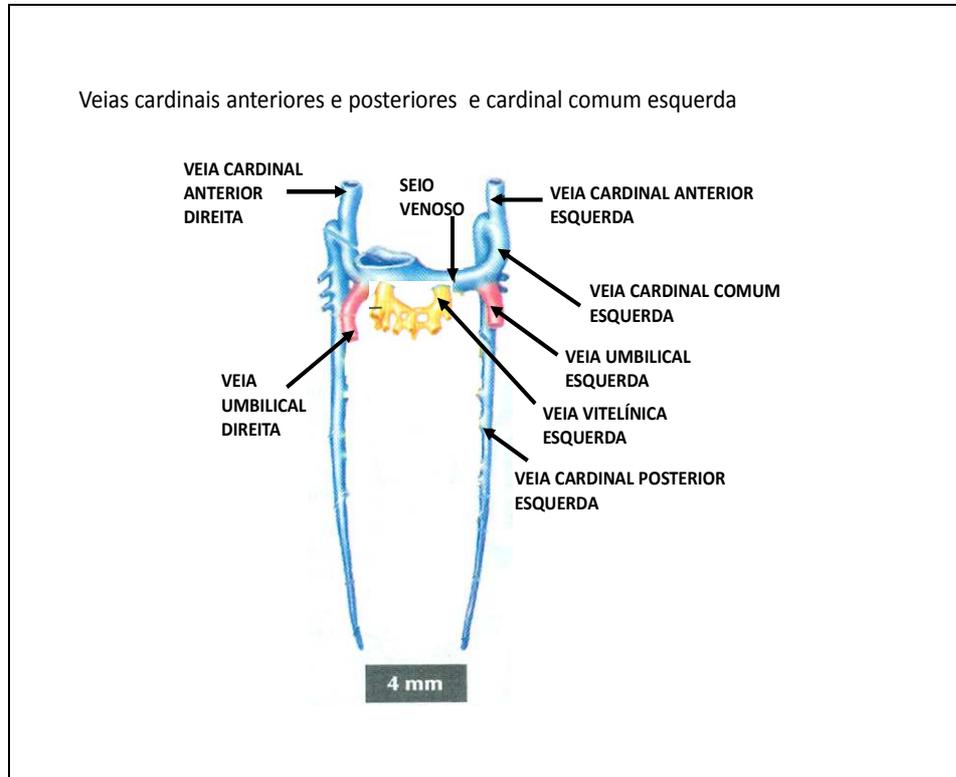


Figura 21. Desenvolvimento das veias cardinais anteriores, posteriores e cardinal comum esquerda

Fonte: Adaptado de Cochard; Netter e Frank, 2003

Objetivo do slide:

Evidenciar as veias cardinais anteriores e posteriores, para compreender seu posterior desenvolvimento.

Explicação do slide:

A ilustração evidencia os 3 tipos de vasos sanguíneos venosos do sistema cardinal que chegam ao coração. Neste caso, observar as veias cardinais anteriores e posteriores que estão aos pares e desembocam na veia cardinal comum esquerda, e esta no seio venoso. Estas estruturas estão em azul no desenho.

No slide anterior tínhamos o embrião como um todo e a posição anatômica do sistema cardinal. Neste slide temos apenas os vasos sanguíneos do tipo veia, como se fosse uma dissecação para evidenciar estas estruturas.

Alterações realizadas na imagem original:

Para diminuir a sobrecarga cognitiva extrínseca foram retirados da figura original (Figura 22):

- O desenho do desenvolvimento do sistema subcardinal que será explicado posteriormente.
- Os desenhos das estruturas referentes ao sistema arterial como: aorta, artéria umbilical esquerda, artéria caudal e artéria umbilical direita, por não participarem diretamente da explicação das veias cardinais. As setas da veia vitelínica direita, veias segmentares e corno direito do seio venoso. O corno esquerdo do seio venoso foi identificado apenas como seio venoso.

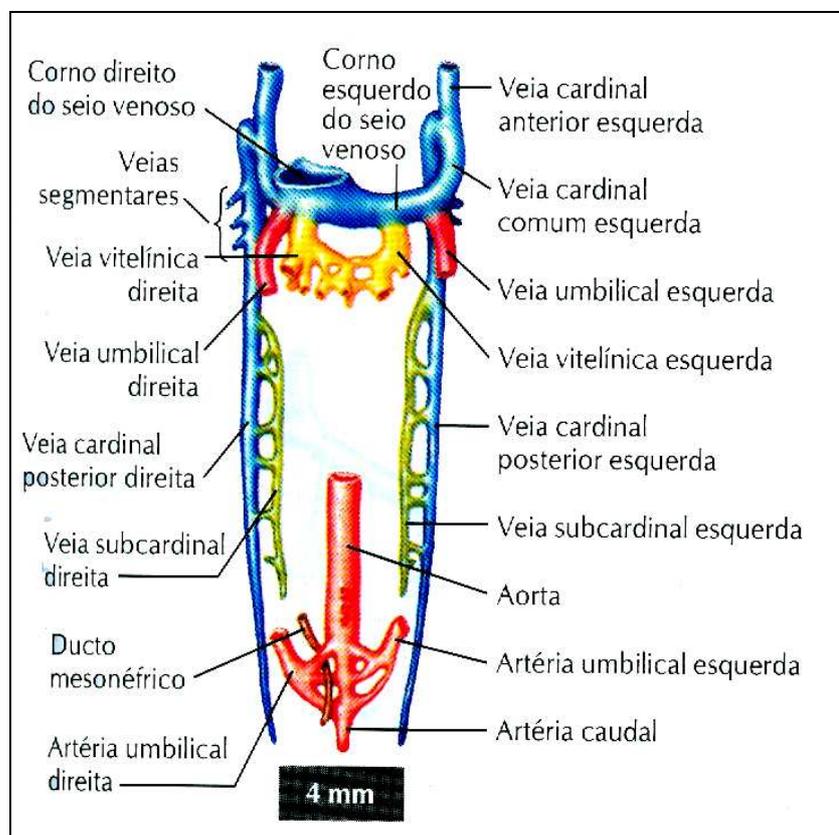


Figura 22: Desenvolvimento inicial do sistema cardinal
Fonte: Cochard; Netter e Frank, 2003

4.2.4 Slide 05 - desenvolvimento das veias cardinais anteriores

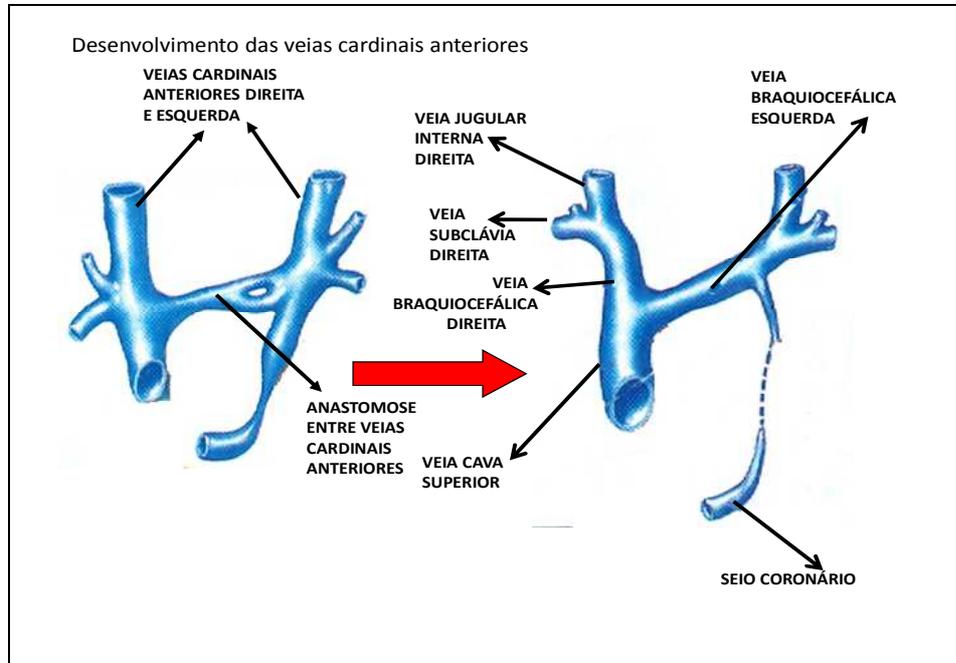


Figura 23: Desenvolvimento das veias cardinais anteriores
 Fonte: Adaptado de Cochard; Netter e Frank, 2003

Objetivo do slide:

Mostrar o desenvolvimento final das veias cardinais anteriores e relacionar seus derivados com suas respectivas funções no indivíduo quando do nascimento.

Explicação do slide:

- Na 8ª semana do desenvolvimento embrionário forma-se uma anastomose entre as veias cardinal anterior direita e esquerda, que posteriormente dará origem a veia braquiocefálica esquerda.

- A parte persistente da veia cardinal anterior esquerda dará origem à veia jugular interna.

- A veia cardinal comum direita e parte da veia cardinal anterior direita formarão a veia cava superior.

- O restante da veia cardinal anterior direita forma a veia braquiocefálica

direita e jugular interna direita, o limite entre elas é a veia subclávia. Estas estruturas permanecem no adulto.

- O sistema jugular drena a região da cabeça e do pescoço.
- A ilustração indicada depois da seta vermelha corresponde ao desenvolvimento final das veias cardinais anteriores de um bebê a termo normal.

Alterações realizadas na imagem original:

O slide corresponde à combinação de duas figuras (Figura 24) sendo que foram deixadas apenas as estruturas correspondentes ao desenvolvimento das veias cardinais anteriores, evidenciando as informações necessárias para o entendimento do desenvolvimento das veias cardinais anteriores direita e esquerda. Foram retiradas dos desenhos as seguintes estruturas:

- Veia supra-renal esquerda, glândula supra-renal direita, rim direito, veias gonadais, artéria umbilical direita, artéria ilíaca externa direita, artéria umbilical esquerda, artéria ilíaca externa esquerda, veia intercostal superior esquerda, veia intercostal superior direita, ligamento da veia cava superior esquerda, veia acessória hemiázigos, veia ázigos, veia hemiázigos, veias hepáticas, ducto venoso, veia porta, veia umbilical, veia renal esquerda, artéria e veia sacrais médias, artéria e veia ilíacas comuns esquerdas.

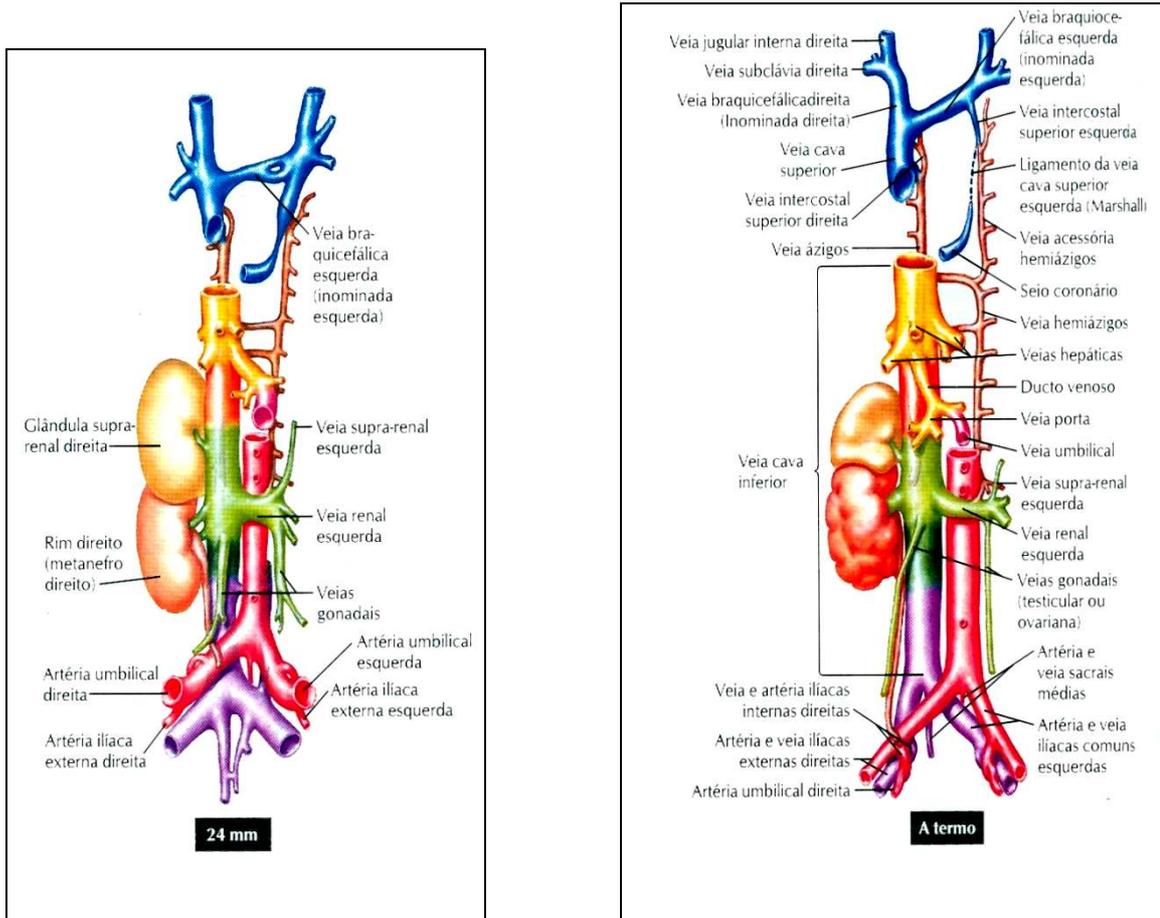


Figura 24: Transformação para o padrão pós-natal
 Fonte: Cochard; Netter e Frank, 2003

4.2.5 Slide 06 - desenvolvimento das veias cardinais posteriores

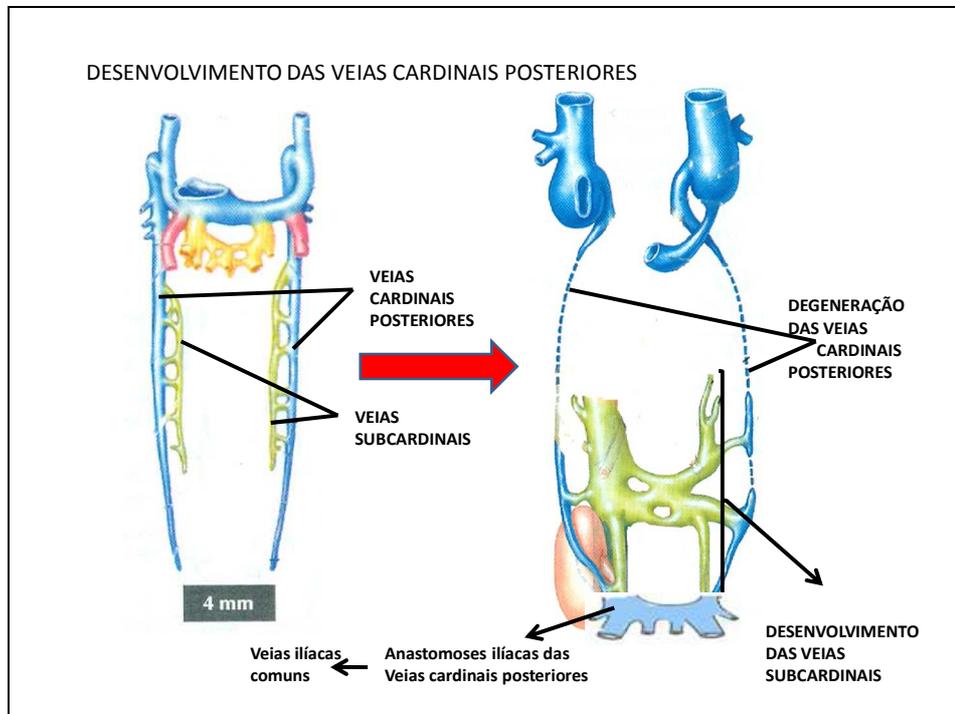


Figura 25: Desenvolvimento das veias cardinais posteriores.
 Fonte: Cochard; Netter e Frank, 2003

Objetivo do slide:

- A função deste slide é indicar o desaparecimento das veias cardinais posteriores durante o desenvolvimento embrionário.

Explicação do slide:

- As veias cardinais posteriores desenvolvem-se junto com as veias cardinais anteriores, começam a degenerar, mas, anteriormente inicia-se o desenvolvimento das veias subcardinais direita e esquerda.

- As veias cardinais posteriores desenvolvem-se junto com os rins intermediários e desaparecem junto com estes rins.

- Com o desaparecimento das veias cardinais anteriores, o sangue da metade inferior do corpo é desviado para as veias subcardinais.

- As veias cardinais posteriores deixam como derivados a raiz da veia ázigos e as veias ilíacas comuns. A raiz da veia ázigos não aparece na figura.

Alterações realizadas nas imagens originais:

Foram retirados da figura original (Figura 26a):

- Corno direito e esquerdo do seio venoso, veias cardinais anterior direita e esquerda, veia cardinal comum esquerda, veias vitelínicas direita e esquerda, veias umbilicais direita e esquerda, aorta, artéria umbilical esquerda, artéria caudal, artéria umbilical direita e ducto mesonéfrico.

Nesta mesma imagem foram colocadas setas duplas para indicar as veias cardinais posteriores e as veias subcardinais.

Foram retirados da figura original (Figura 26b):

- As setas indicativas de veia cardinal anterior esquerda, veia cardinal comum esquerda, veia cardinal posterior esquerda, seio coronário, veias supra- renais e artéria umbilical esquerda.

- As partes do desenho referentes as supra-renais, rins, aorta, veia vitelínica e veias ilíacas.

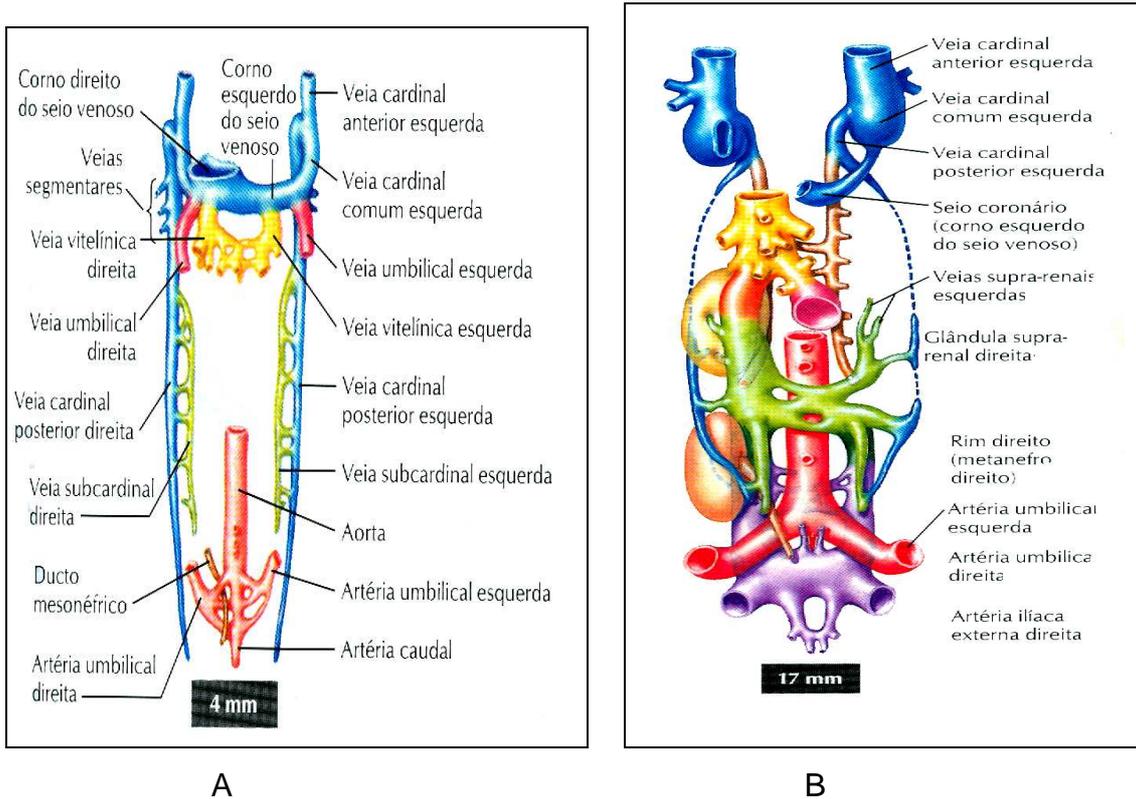


Figura 26: Desenvolvimento do sistema venoso cardinal
 Fonte: Cochard; Netter e Frank, 2003

Comentário:

Neste ponto da apresentação o aluno já tem conhecimento do desenvolvimento final das veias cardinais anteriores, posteriores e comuns. Começa então a explicação para o desenvolvimento das veias subcardinais e supracardinais. Acreditamos que a retirada de itens das imagens, deixando apenas o necessário para cada segmento do sistema venoso cardinal, favorecerá o aprendizado. Mentalmente, o aluno estará fazendo a montagem do desenvolvimento do sistema cardinal. Ao mesmo tempo em que o aluno tem temas seqüenciados sobre o conteúdo do sistema cardinal, este está passando por um pré-treinamento, pois, a cada slide um novo grupo de informações é trabalhado. Ele também estará exercitando a repetição, o que facilita a memorização.

Uma das dificuldades encontradas no processamento mental deste conteúdo pelo aluno, sem dúvida, é o posicionamento das estruturas espacialmente. Suas representações mentais para estas estruturas estão sendo formadas, lados direito e

esquerdo na posição do desenho e sua posição no corpo, começam a ser compreendidas pelo aluno que aos poucos vai familiarizando mentalmente com estas estruturas embriológicas. Por isso, alunos que tiveram atenção em aulas de anatomia humana, que entre outros fatos, ensina a posição e cortes feitos nos órgãos para estudo, já dispõem de um conhecimento prévio quanto a esquemas mentais espaciais formados, o que facilita em muito a compreensão do conteúdo.

Outra dificuldade encontrada refere-se aos termos empregados que são foneticamente semelhantes, o que dificulta a interpretação da informação. Por exemplo, as veias do sistema cardinal recebem nomes parecidos como: cardinais, subcardinais e supracardinais. Apesar da idéia do nome trazer o posicionamento na seqüência do desenvolvimento embrionário, o aluno iniciante faz confusão com os nomes destas estruturas.

4.2.6 Slide 07 - desenvolvimento inicial das veias subcardinais

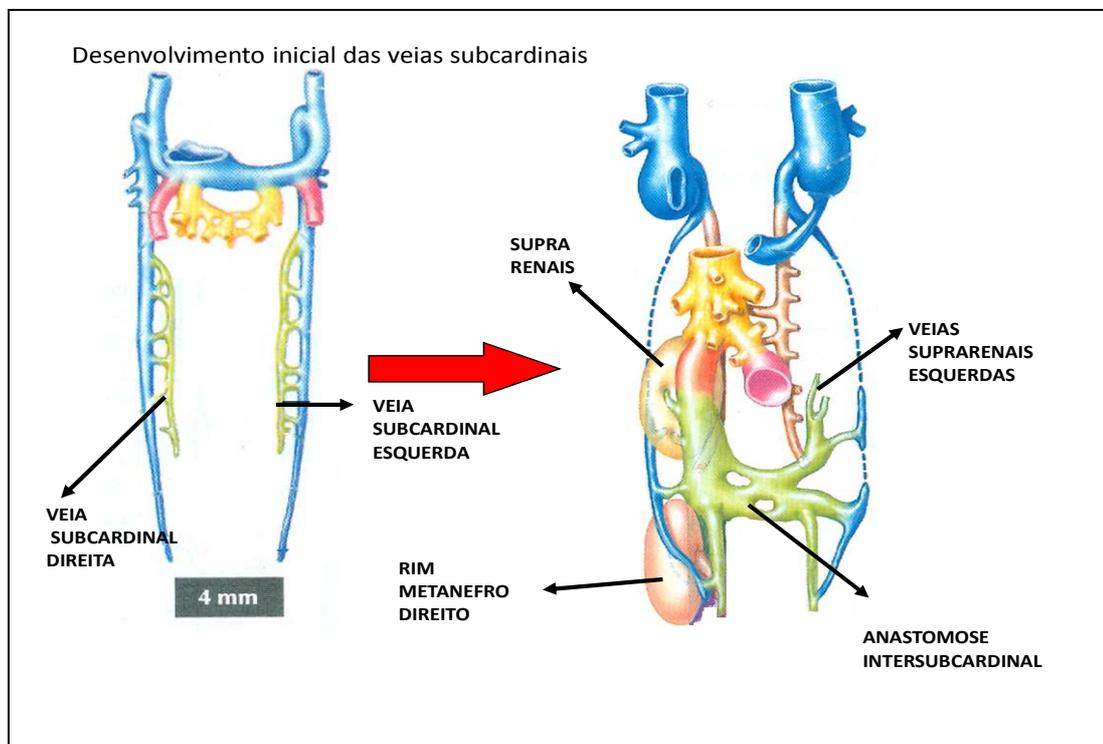


Figura 27: Desenvolvimento inicial das veias subcardinais
Fonte: Adaptado de Cochard; Netter e Frank, 2003

Objetivo do slide:

Mostrar o desenvolvimento inicial das veias subcardinais com a formação da anastomose intrasubcardinal e veias supra-renais.

Explicação do slide:

- As veias subcardinais se desenvolvem durante a 4ª semana e formam as veias subcardinais direita e esquerda que drenam o mesonefro.
- Na 6ª semana forma-se uma anastomose entre estas veias: a anastomose intersubcardinal.
- A partir da 6ª semana também surgem as veias supra-renais derivadas das veias subcardinais.

Alterações realizadas nas imagens originais:

Alterações da imagem original (Figura 28a):

- Retirada do corno direito e esquerdo do seio venoso, veias cardinais anterior direita e esquerda, veia cardinal comum esquerda, veias vitelínicas direita e esquerda, veias umbilicais direita e esquerda, aorta, artéria umbilical esquerda, artéria caudal, artéria umbilical direita e ducto mesonéfrico .
- Indicação apenas da veia subcardinal direita e veia subcardinal esquerda.

Alterações da imagem original (Figura 28b):

- Retirada da veia cardinal anterior esquerda, veia cardinal comum esquerda, seio coronário e artéria umbilical esquerda.
- Retirada da parte referente à aorta e suas ramificações, e as veias ilíacas com suas ramificações.

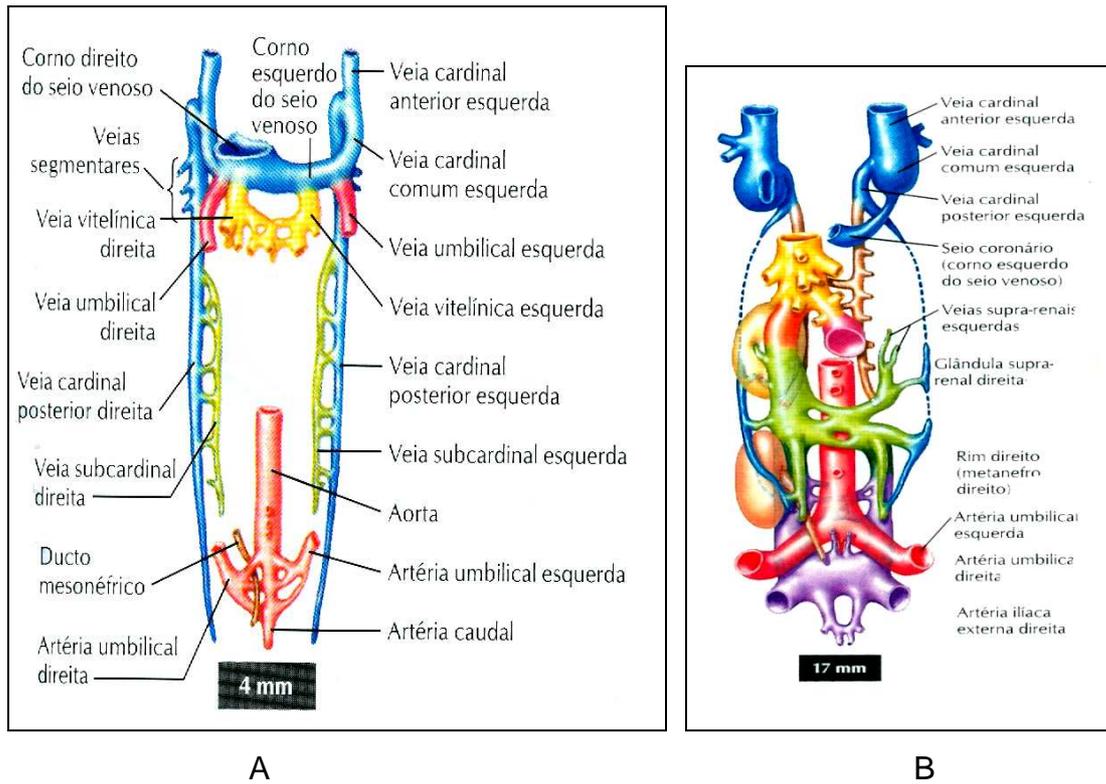


Figura 28: Desenvolvimento do sistema venoso cardinal.
 Fonte: Cochard; Netter e Frank, 2003

4.2.7 Slide 08 - desenvolvimento final das veias subcardinais

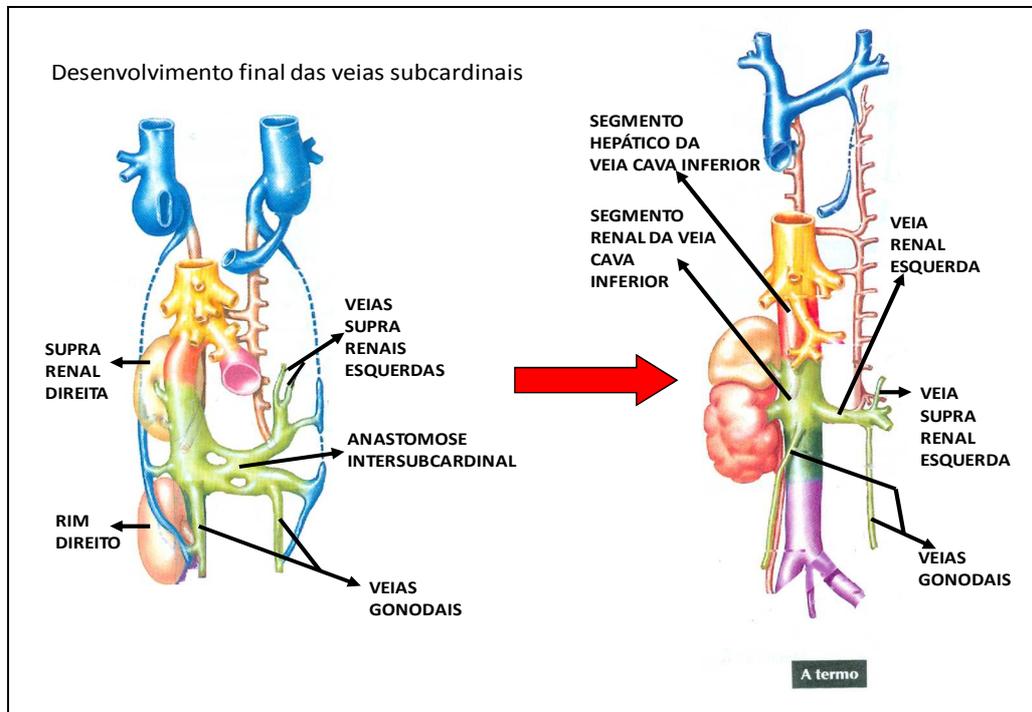


Figura 29: Desenvolvimento final das veias subcardinais
 Fonte: Adaptado de Cochard; Netter e Frank, 2003

Objetivo do slide:

Mostrar o desenvolvimento final das veias subcardinais e suas estruturas correspondentes no bebê a termo.

Explicação do slide:

- A ilustração posicionada antes da seta vermelha é a mesma apresentada no slide anterior com adição das veias gonadais.
- A veia subcardinal direita origina a veia renal direita, a anastomose intersubcardinal origina a veia renal esquerda. As regiões distais das veias subcardinais formam as veias gonadais.
- O segmento hepático e o segmento renal da subcardinal direita forma o segmento hepático e renal da veia cava inferior.

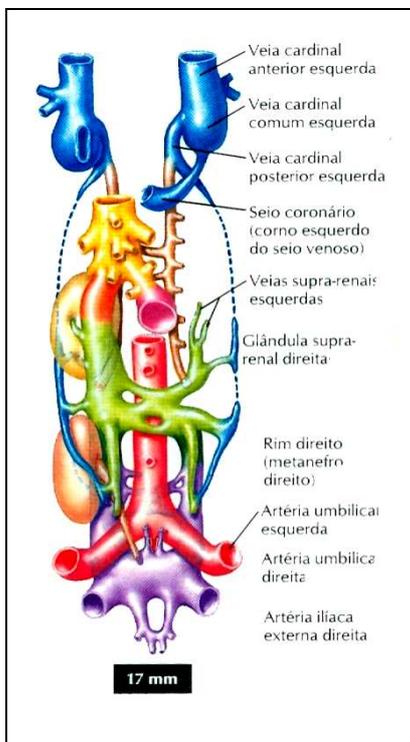
- A ilustração a esquerda mostra os derivados finais das veias subcardinais, que são: segmento renal da veia cava inferior, segmento hepático da veia cava inferior, veias renais, veias supra-renais e veias gonadais.

Alterações realizadas na imagem original:

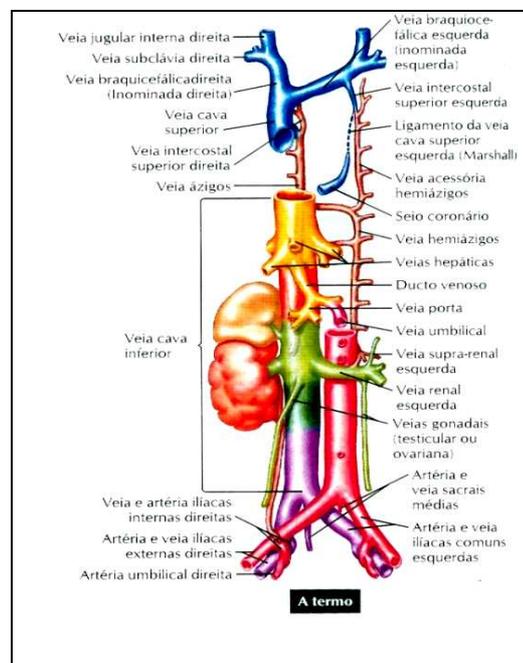
Da imagem original (Figura 30a e b) foram retiradas as setas das seguintes estruturas:

- Toda a parte referente ao desenvolvimento das veias cardinais anteriores e posteriores representados em azul na parte superior do desenho;

- A veia acessória hemiázigos, seio coronário, veia hemiázigos veias hepáticas, ducto venoso, veia porta, veia umbilical, artéria e veia sacrais médias, artéria e veia ilíacas comuns esquerdas, veia ázigos, veia intercostal superior direita e veia cava inferior.



A



B

Figura 30: Desenvolvimento do sistema venoso cardinal.
Fonte: Cochard; Netter e Frank, 2003

Comentário:

Quando o aluno estiver processando os slides 06 e 07, ele formará modelos mentais associados ao desenvolvimento das veias subcardinais. Como já tem conhecimentos sobre o desenvolvimento das veias cardinais anteriores e posteriores, o leque de informações que pode ser agrupadas e categorizadas para ser encaminhada para memória de longo prazo aumenta o que facilita a compreensão das outras veias do mesmo sistema cardinal, pois, seu conhecimento prévio sobre o assunto foi ampliado.

4.2.8 Slide 09 - desenvolvimento inicial das veias supracardinais

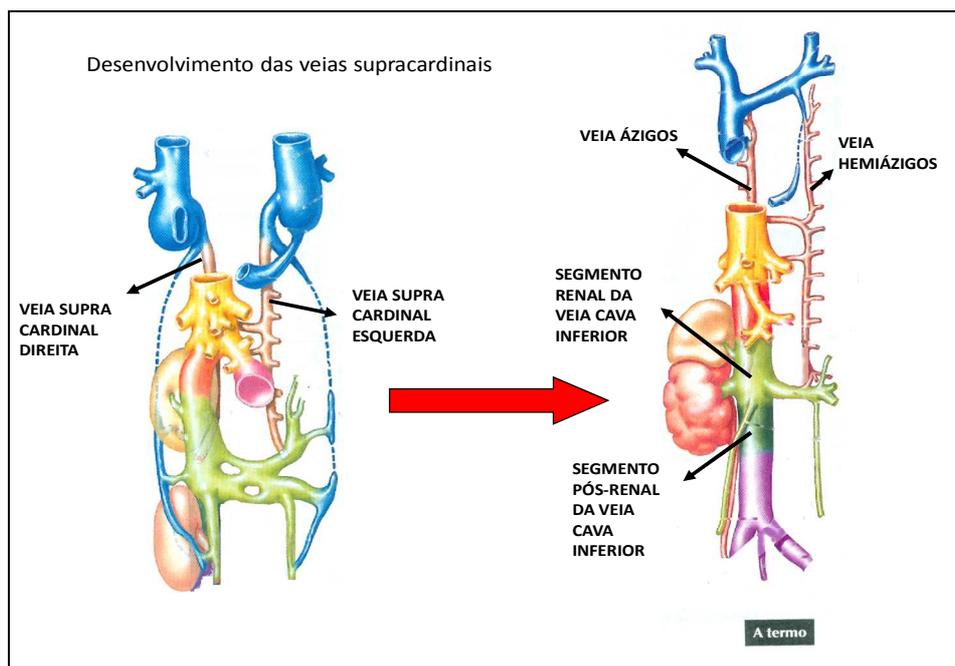


Figura 31: Desenvolvimento das veias supracardinais
 Fonte: Cochard; Netter e Frank, 2003

Objetivo do slide:

Mostrar o desenvolvimento embriológico das veias supracardinais, desta forma o aluno ao final do processamento mental, formará modelos mentais referentes ao desenvolvimento destas veias.

Explicação do slide:

- As veias supracardinais são o último grupo de veias do sistema cardinal a se desenvolver. Na região cefálica forma-se uma anastomose que no adulto origina as veias ázigos e hêmiazigos que drenam o sangue da região do tórax e do abdome.

- O segmento caudal da veia supracardinal direita torna-se um segmento da veia cava inferior.

- A porção caudal ao rim da veia supracardinal esquerda degenera.

- Aparecem os derivados das veias supracardinais que são a veia ázigos, veia hêmiazigos e o segmento pós-renal da veia cava inferior. Está indicado também o segmento renal da veia cava inferior que serve como referencial para localização das veias supracardinais, renais e gonadais.

Alterações realizadas nas imagens originais:

No desenho da Figura 31a foram:

- Omitidas as setas das seguintes estruturas: veia cardinal anterior direita, veia cardinal comum direita, veia cardinal posterior esquerda, seio coronário, veias supra-renais esquerdas e artéria umbilical esquerda.

- Acrescentadas as setas referentes às veias supracardinais direita e esquerda.

- Suprimidos da ilustração a região referente à aorta e veias ilíacas.

No desenho da Figura 32b foram:

- Omitidos as setas referentes a todas as estruturas do desenvolvimento das veias cardinais anteriores e posteriores, veia acessória hêmiazigos, veias hepáticas, ducto venoso, veia porta, veia umbilical, veia supra renal esquerda, veias gonadais, artéria e veia sacrais médias, artéria e veia ilíacas comuns esquerdas, veia

intercostal superior direita.

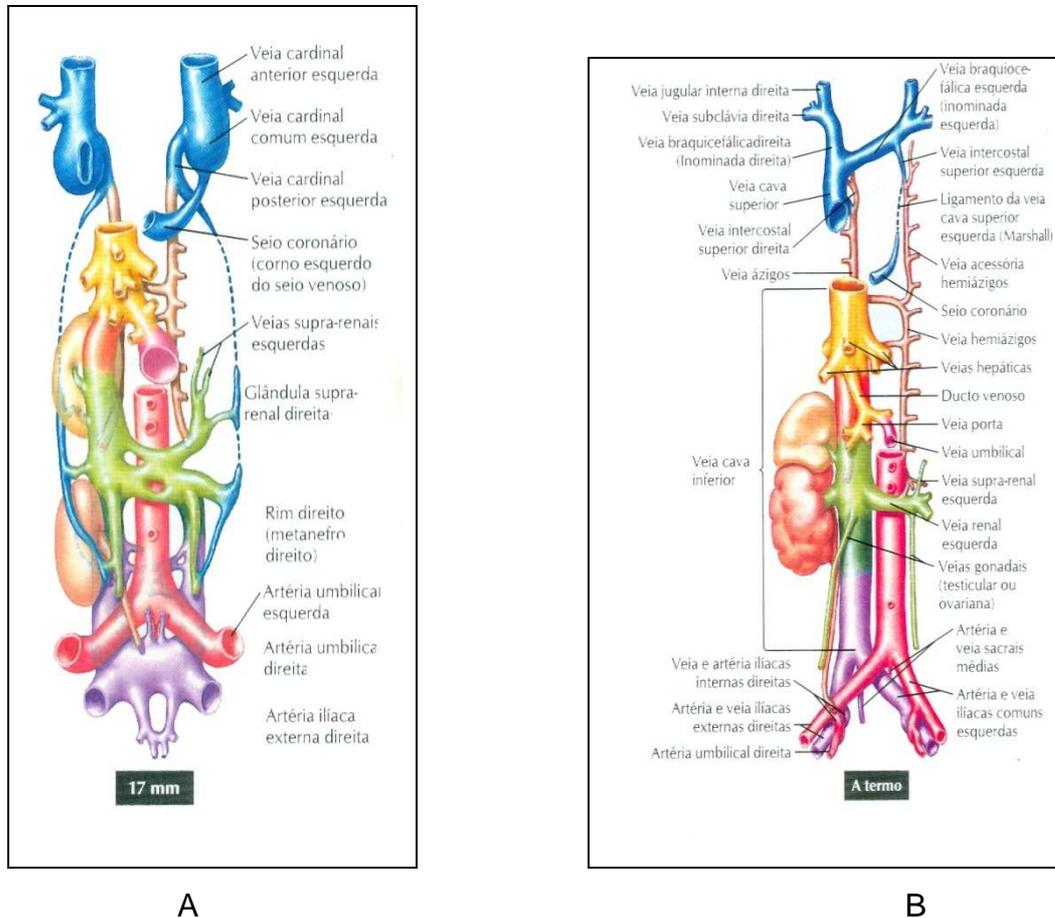


Figura 32: Desenvolvimento do sistema venoso cardinal
 Fonte: Cochard; Netter e Frank, 2003

Comentário:

Observe que a seqüência apresentada até o slide 09 visa a formação fracionada de esquemas mentais que poderão ser acessados para a compreensão global do processo de desenvolvimento do sistema cardinal.

Dando continuidade a apresentação utilizamos dois slides que permitem mostrar o final do desenvolvimento dos grupos de veias do sistema cardinal. O slide 10 refere-se ao desenvolvimento das veias cardinais anteriores e posteriores e o slide 11 refere-se ao desenvolvimento das veias subcardinais e supracardinais.

4.2.9 Slide 10 - desenvolvimento final das veias cardinais anteriores e posteriores

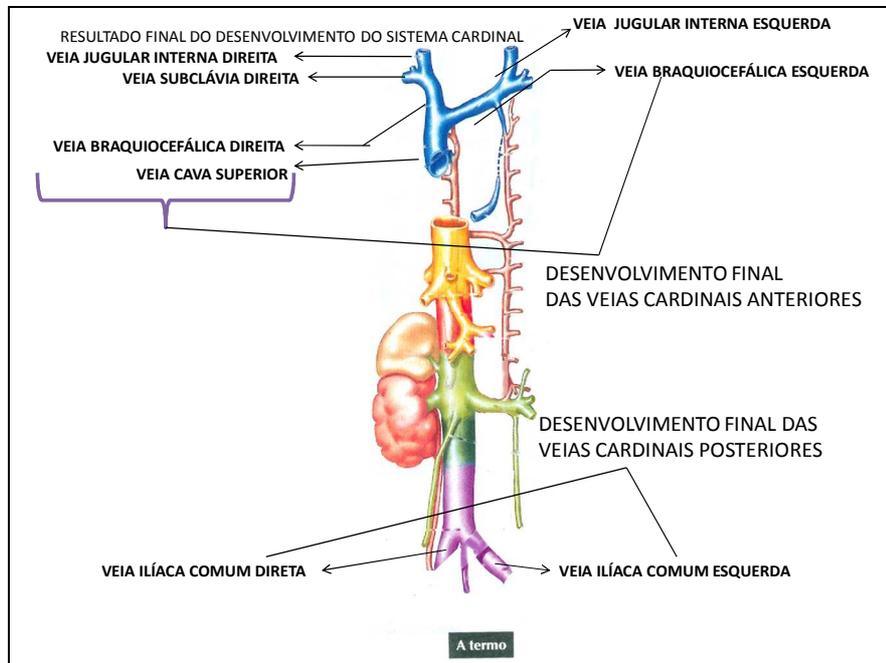


Figura 33: Desenvolvimento final das veias cardinais anteriores e posteriores
 Fonte: Adaptado de Cochard; Netter e Frank, 2003

4.2.9 Slide 11 - desenvolvimento final das veias subcardinais e supracardinais

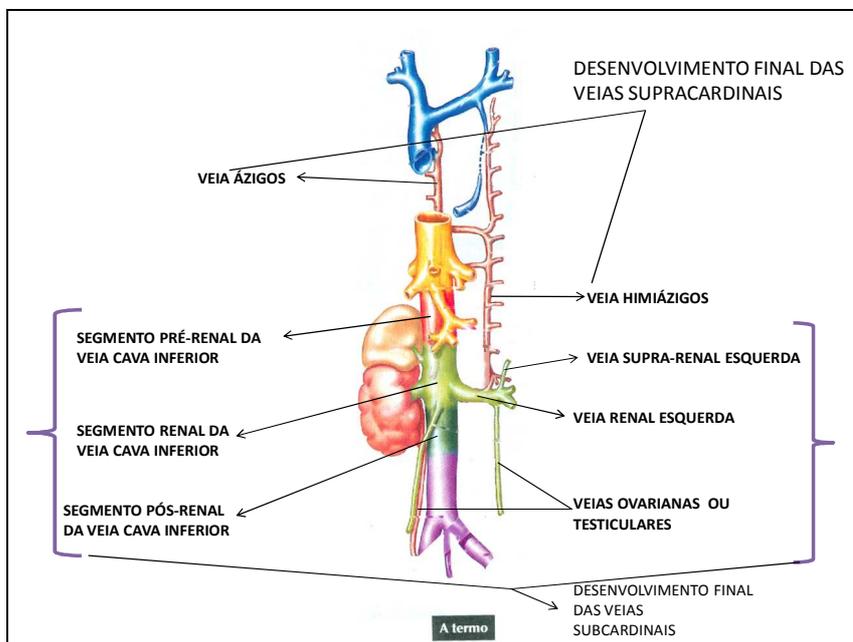


Figura 34: Desenvolvimento final das veias subcardinais e supracardinais.
 Fonte: Adaptado de Cochard; Netter e Frank, 2003

Objetivos dos slides:

Os Slides 10 e 11 foram utilizados para que o aluno pudesse ter uma visão global do desenvolvimento do sistema cardinal, pois, estas ilustrações retratam as veias do sistema cardinal que permanecem no adulto.

A finalidade destes slides é operacionalizar as informações anteriores de modo a permitir que o aluno forme grupos de informação, utilizamos a repetição do produto final de desenvolvimento das veias cardinais anteriores e posteriores, subcardinais e supracardinais. Assim, o aluno estará reforçando os circuitos cerebrais sobre as informações adquiridas anteriormente sobre estes vasos sanguíneos e, muito provavelmente, estará consolidando os modelos mentais sobre este assunto ao encaminhá-los a memória de longo prazo.

Explicações dos slides:

O Slide 10 é o resultado final do desenvolvimento das veias cardinais anteriores e posteriores. Observe na Figura 34 as setas indicativas das veias derivadas das veias cardinais anteriores e posteriores que foram explicados nos slides 04, 05 e 06. A veia cava superior drena a parte superior do corpo e recebe as veias braquiocefálicas direita e esquerda. As veias braquiocefálicas recebem sangue proveniente das subclávia e jugular interna. Estas veias estão relacionadas com o desenvolvimento das veias cardinais anteriores. Já as ilíacas comuns drenam para veia cava inferior e estão relacionadas com o desenvolvimento das veias cardinais posteriores.

O Slide 11 é o resultado final do desenvolvimento das veias subcardinais e supracardinais explicadas nos slides 07, 08 e 09. As veias subcardinais participam da formação de parte da veia cava inferior, das veias que drenam os órgãos sexuais, rins e supra-renais. As veias supracardinais formam a veia ázigos e hemiázigos que drenam o tórax e abdome.

Alterações realizadas nas imagens originais:

Para a confecção do slide 10, foram retiradas na imagem original (Figura 35) as seguintes estruturas:

- Veia intercostal superior esquerda, ligamento da veia cava superior, veia acessória hemiázigos, seio coronário, veia hemiázigos, veias hepáticas, ducto venoso, veia porta, veia umbilical, veia suprarrenal esquerda, veia renal esquerda, veias gonadais, artérias sacrais médias, artéria ilíaca comum, artéria umbilical direita, artérias e veias ilíacas externas direita, veia cava inferior e veia ázigos.

Para a confecção do slide 11, foram retiradas na imagem original (Figura 35) as seguintes estruturas:

- Veia cava superior, veia acessória hemiázigos, seio coronário, veias hepáticas, veia cava inferior, veia jugular interna direita, veia braquiocefálica esquerda, veia braquiocefálica direita, veia intercostal superior direita, veia e artéria ilíacas internas direitas, artéria umbilical direita, artéria e veia ilíacas comuns esquerdas, artéria e veia sacrais médias, veia umbilical, veia porta, ducto venoso,

ligamento da veia cava superior e veia intercostal superior esquerda. Foram introduzidos os segmentos pré, renal e pós renal da veia cava inferior.

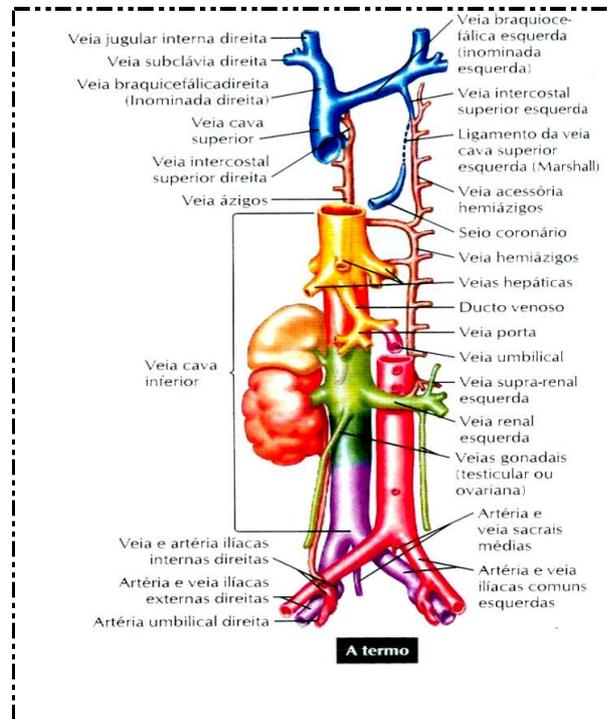


Figura 35: Desenvolvimento do sistema venoso cardinal
 Fonte: Adaptado de Cochard; Netter e Frank, 2003

5 EXPERIMENTAÇÃO E ANÁLISE DO PRODUTO

5.1 Metodologia

Para testar se o nosso material didático surtia efeito positivo na aprendizagem quando comparado aos materiais tradicionais, foi utilizada a seguinte estratégia:

1- Inicialmente foi preparada uma apresentação “PowerPoint” sobre o desenvolvimento do sistema cardinal utilizando material convencional, ou seja, nesta apresentação utilizamos figuras assim como elas são encontradas nos livros didáticos (APÊNDICE B).

2- **Sujeitos da pesquisa:** Os testes foram feitos em ambiente real, ou seja, no curso normal das aulas de Histologia e Embriologia Médica II para turmas de 3º período do curso de Medicina da Faculdade Atenas, situada na cidade de Paracatu-MG. Nesta faculdade o semestre é dividido em 3 ciclos e os alunos foram testados no período do segundo ciclo. Como são duas turmas de terceiro período, uma turma, que chamamos de **turma alfa**, assistiu às aulas onde foi empregado o material didático convencional, com figuras de livros sem modificações (APÊNDICE B). A outra turma, que chamamos de **turma gama**, assistiu as aulas onde foi empregado o nosso produto didático, ou seja, a apresentação em “PowerPoint” utilizando as figuras de livros didáticos com modificações baseadas nos princípios da TCAM (APÊNDICE C). A turma alfa era constituída de 59 alunos e a turma gamade 63 alunos. A idade dos alunos está na faixa de 19 a 36 anos, com média de 22 anos. Entre 15% a 20% dos alunos das turmas possuem curso superior na área de biomédicas, por exemplo, farmácia, odontologia e enfermagem. A escolha da turma gama para testar o produto didático está relacionada com seu horário de aula, que se inicia antes da turma alfa, isto diminuiu variáveis que poderiam afetar o resultado da primeira turma. Entretanto, não podemos garantir que durante o intervalo não houve comunicação entre as turmas e que os resultados da turma alfa (controle) podem ter sido influenciados pelas informações trocadas entre os alunos. Os testes, descritos a seguir, foram aplicados seguindo o calendário da faculdade Atenas.

3- O primeiro teste avaliativo (APENDICE D) foi aplicado no dia 27/04/2009. Este teste era constituído de três questões de retenção (questões 1, 2, e 3) e duas questões de transferência (questões 4 e 5). As questões de retenção tiveram o objetivo de verificar se o aluno reteve informações repassadas durante a aula e as de transferência tiveram o objetivo de saber se os alunos conseguiam aplicar os conhecimentos adquiridos em situações diferentes (resolução de problemas). Este teste teve o objetivo de avaliar a memória de curto prazo e a memória operacional, pois, foi realizado logo após o término da aula expositiva. Ou seja, seguindo o horário estabelecido pela faculdade, a turma gama teve aula primeiro, e, após a aula os alunos fizeram o teste. Após o intervalo de 20 minutos foi ministrada a aula para a turma alfa que depois fez o mesmo teste. As respostas dos testes das duas turmas foram corrigidas, valorizadas e os resultados submetidos à análise estatística. As notas das questões 1, 2, 3, 4 e 5 das turmas alfa e gama se encontram no APÊNDICE F.

4- Ainda, seguindo o calendário da faculdade, foi aplicada no dia 20/05/2009 a prova de Histologia e Embriologia Médica II. Nesta prova, as questões 10,11, 12 e 13 contemplavam conteúdos do sistema cardinal (APÊNDICE E). Sendo as questões 10 e 11 de retenção e 12 e 13 de transferência. Estas questões permitiram avaliar a memória de longo prazo, pois, a prova foi aplicada 22 dias após as aulas sobre o tema. Como os testes foram aplicados durante o cotidiano normal de aulas do 3º período de Medicina os alunos não estavam cientes que a análise das questões da prova, além de servir como avaliações normais também seriam utilizadas para avaliar nosso produto didático. As respostas das questões das duas turmas foram corrigidas, valorizadas e os resultados submetidos à análise estatística. As notas das questões 10, 11, 12 e 13 das turmas alfa e gama se encontram no APÊNDICE G. Na Tabela 3 apresentamos um resumo das questões utilizadas para avaliar a aprendizagem do desenvolvimento do sistema cardinal.

TABELA 3

Questões utilizadas para avaliação da aprendizagem do desenvolvimento do sistema cardinal

Questão	Tipo	Memória avaliada	Valor
1	Retenção	Curto prazo	0,3
2	Retenção	Curto prazo	0,3
3	Retenção	Curto prazo	0,3
4	Transferência	Curto prazo	0,8
5	Transferência	Curto prazo	0,8
10	Retenção	Longo prazo	1,2
11	Retenção	Longo prazo	1,0
12	Transferência	Longo prazo	1,0
13	Transferência	Longo prazo	1,5

Fonte: Dados do autor

5.2 Resultados

5.2.1 Avaliação da aprendizagem- Análise dos resultados dos testes

Os valores das respostas de cada questão analisada de cada turma apresentam distribuição normal. Para exemplificar apresentamos a seguir o gráfico Q-Q da Questão 3 da Turma Gama.

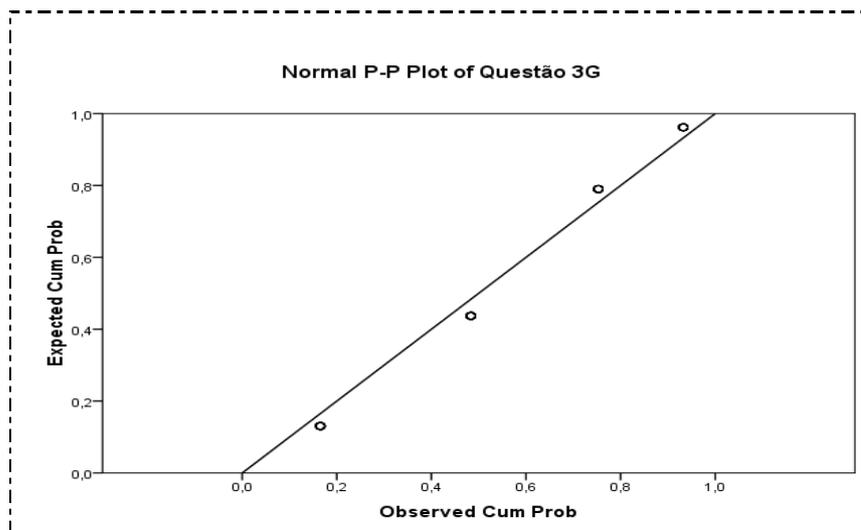


Gráfico 1: Distribuição normal dos dados referentes às respostas da questão 3 da turma gama
 Fonte: Dados do autor

O fato de a distribuição ser normal permite a utilização do teste t para a análise dos dados. A seguir estão apresentados os testes comparativos entre duas amostras (questão 12 das turmas alfa e gama). Quando o valor de Sig (2-tailed) é menor do que 0,05 as amostras são diferentes e quando o valor de Sig (2-tailed) é maior do que 0,05 as amostras são iguais. Pode-se observar que o valor de Sig (2-tailed) para a questão 12 das duas turmas é igual a zero o que indica que as amostras são estatisticamente diferentes. Isto aconteceu para todas as questões comparadas, ou seja, em todos os casos há diferença significativa entre as amostras analisadas.

TABELA 4
 Testes comparativos entre duas amostras

	Test Value = 0					
	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
Questão 12 turma alfa	8,263	58	0,000	0,3746	0,284	0,465
Questão 12 turma gama	6,705	58	0,000	0,3610	0,253	0,469

Fonte: Dados do autor

A seguir apresentaremos a análise comparativa dos dados analisados.

Na Tabela 5 apresentamos os resultados da estatística descritiva das questões analisadas. As questões A (1A, 2A, etc) se referem aos resultados da turma alfa e as questões G (1G, 2G, etc) aos resultados da turma gama. Lembramos que as questões 1, 2, 3,4 e 5 avaliaram a memória de curto prazo e as questões 10, 11, 12 e 13 a memória de longo prazo.

TABELA 5
Resultados da estatística descritiva das questões analisadas

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Questão 1A	57	0,0	0,3	0,153	0,1136
Questão 1G	61	0,0	0,3	0,154	0,1010
Questão 2A	57	0,0	0,3	0,154	0,1415
Questão 2G	61	0,0	0,3	0,187	0,1443
Questão 3A	57	0,0	0,3	0,110	0,085
Questão 3G	61	0,0	0,3	0,116	0,1036
Questão 4A	57	0,0	0,8	0,389	0,3431
Questão 4G	61	0,0	1,0	0,400	0,363
Questão 5A	57	0,0	0,8	0,311	0,2657
Questão 5G	61	0,0	0,8	0,330	0,3164
Questão 10A	59	0,0	1,2	0,158	0,3602
Questão 10G	59	0,0	1,2	0,132	0,3355
Questão 11A	59	0,0	1,0	0,456	0,3364
Questão 11G	59	0,0	1,0	0,476	0,3645
Questão 12A	59	0,0	1,0	0,375	0,3482
Questão 12G	59	0,0	1,0	0,361	0,4136
Questão 13A	59	0,0	1,5	0,517	0,5193
Questão 13G	59	0,0	1,5	0,615	0,5486

A= turma alfa; G= turma gama

Fonte: Dados do autor

O Gráfico 2 apresenta as médias obtidas pelas turmas alfa e gama para as questões analisadas.

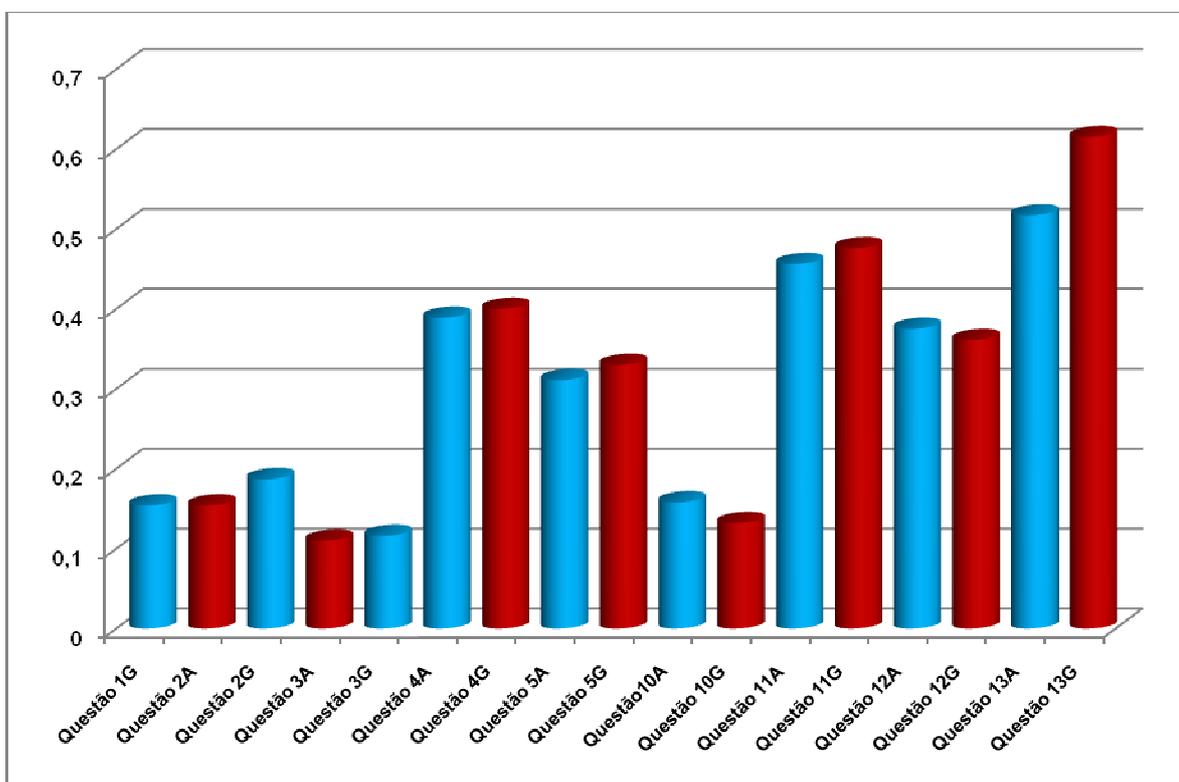


Gráfico 2: MEAN - Médias das turmas alfa e gama nos testes 1 e 2
Fonte: Dados do autor

O Gráfico 3 apresenta a média para o teste 1, que se refere a memória de curto prazo.

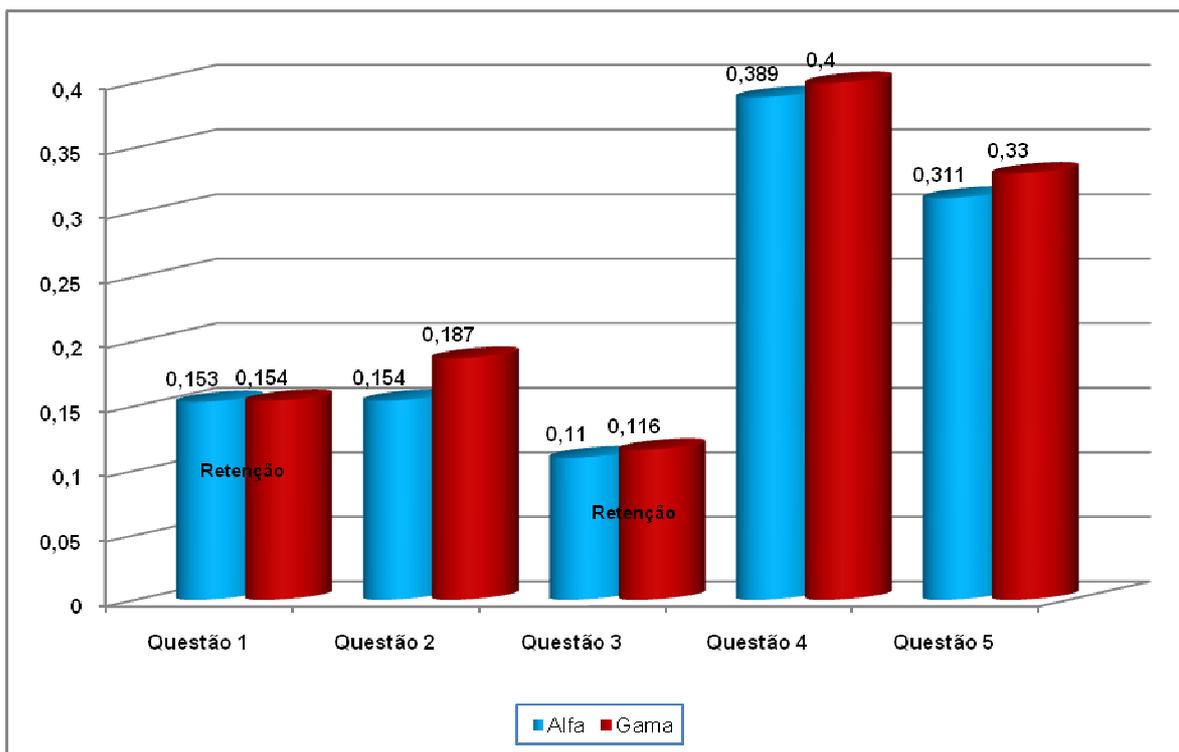


Gráfico 3: Teste 1 - Memória de curto prazo - Média para o teste 1 nas turmas alfa e gama
Fonte: Dados do autor

O Gráfico 4 mostra os dados referentes ao teste 2 que avaliou a memória de longo prazo.

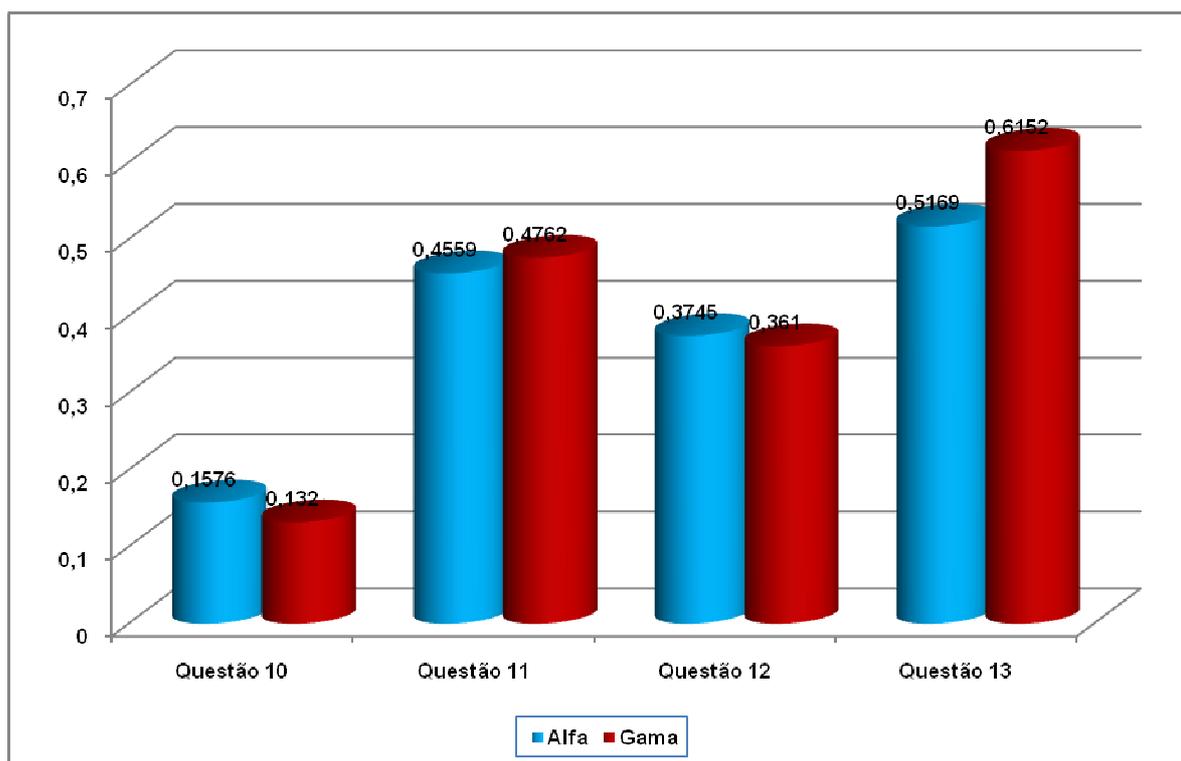


Gráfico 4: Teste 2 - Memória de longo prazo - Média para o teste 2 nas turmas alfa e gama
Fonte: Dados do autor

A Tabela 6, a seguir, sumariza os resultados e as questões marcadas em vermelho indicam aquelas em que a turma gama obteve resultado médio estatisticamente maior que a turma alfa.

TABELA 6
Resumo da análise estatística dos resultados

QUESTÃO	TURMA ALFA			TURMA GAMA		
	N	Média	Desvio padrão	N	Média	Desvio padrão
1	57	0,153	0,1136	61	0,154	0,1010
2	57	0,154	0,1415	61	0,187	0,1443
3	57	0,110	0,085	61	0,116	0,1036
4	57	0,389	0,3431	61	0,400	0,363
5	57	0,311	0,2657	61	0,330	0,3164
10	59	0.157627	0.360174	59	0.132203	0.335508
11	59	0.455932	0.336448	59	0.476271	0.364521
12	59	0.374576	0.348194	59	0.361017	0.41357
13	59	0.516949	0.519334	59	0.615254	0.548608

Fonte: Dados do autor

A análise dos dados apresentados na Tabela 7 mostram que a utilização do nosso material didático melhorou significativamente a aprendizagem do conteúdo desenvolvimento do sistema cardinal. Este efeito positivo foi observado tanto nas questões que avaliaram a memória de curto como de longo prazo, sendo mais efetivo na memória de curto prazo (Questões 1, 2, 3 e 4). O material favoreceu a retenção de informações sobre o conteúdo na memória (Questões 1, 2, 3 e 11), isto é particularmente importante no estudo de embriologia que requer a memorização de vários nomes de estruturas. Enfatizamos a melhora nas respostas dos alunos nas questões de transferência (4, 5 e 13). Nas questões 4 e 5 o aluno tem que aplicar o conhecimento recém armazenado (memória de curto prazo) e formular uma estratégia que seja correta para a solução do problema proposto. Na questão 13, o aluno deve alocar vários recursos cognitivos aprendidos sobre o sistema cardinal (memória de longo prazo) e aplicá-los para resolver problemas em diferentes situações.

A análise dos dados apresentados nos Apêndices F e G nos mostra que em quase todas as questões a turma gama, com a qual utilizamos o nosso material didático, apresentou um maior número de notas máximas em relação à turma alfa. Isto ocorreu nas Questões 2, 3, 4, 5, 11, 12 e 13 como pode ser observado em vermelho na Tabela 6. Mais uma vez enfatizamos a melhora do desempenho dos

alunos nas questões de transferência (4, 5, 12 e 13) que mostra a capacidade do nosso material didático em proporcionar aprendizagem significativa do conteúdo, comprovada pela capacidade de resolver problemas relacionados ao desenvolvimento do sistema cardinal.

TABELA 7

Porcentagem de notas máximas obtidas nas questões pelas turmas alfa e gama

QUESTÃO	TURMA ALFA			TURMA GAMA		
	N	Número de notas máximas	Porcentagem	N	Número de notas máximas	Porcentagem
1	57	14	24,6	61	10	16,4
2	57	25	43,9	61	37	60,7
3	57	3	5,3	61	8	13,1
4	57	20	35,0	61	23	37,7
5	57	1	1,8	61	7	11,5
10	59	4	6,8	59	4	6,6
11	59	8	13,6	59	12	20,3
12	59	9	15,3	59	14	23,7
13	59	9	15,3	59	12	20,3

Fonte: Dados do autor

A análise dos dados apresentados mostra que o nosso material didático favoreceu a aprendizagem. Ou seja, o uso de recursos multimídia utilizando os princípios da TCAM estimula o conhecimento, possibilita a solução de problemas o que auxilia na aprendizagem, corroborando os dados de Mayer.

A seguir descreveremos algumas observações sobre as questões utilizadas nos testes e sobre as respostas dadas pelos alunos, abordando aspectos mais específicos da embriologia e da cognição.

A Questão 1 teve como objetivo testar conhecimentos sobre a origem do sistema cardiovascular embrionário. A resposta está baseada em 3 itens: local de origem e tecido, angiogênese e vasculogênese. Tanto na turma alfa como na turma gama vários alunos confundiram a vasculogênese com angiogênese. Um aluno da turma gama fez uma associação errada de estrutura. Em vez de escrever a resposta correta: ilhotas sanguíneas ele escreveu ilhotas de Langerlhans. Isto mostra que

durante o processamento da informação, a memória operacional buscou na memória de longo prazo associações com o termo ilhota, mas como este termo ainda não havia sido associado à formação de vasos sanguíneos durante o desenvolvimento embrionário o aluno utilizou a informação existente na memória relacionada as ilhotas do pâncreas. Muitos alunos das duas turmas nas respostas não comentaram sobre o local de origem e tecido que forma os vasos sanguíneos. Isto pode ser explicado pelo fato da abordagem desta temática ter ocorrido no início das aulas. Provavelmente, as informações que foram abordadas na sequência da aula tomaram lugar na memória operacional sem que os alunos tenham feito esquemas mentais para armazenar as informações sobre local e origem dos vasos sanguíneos na memória de longo prazo.

Na questão 3 o aluno é testado quanto à identificação da localização de vasos sanguíneos derivados das veias cardinais anteriores direita e esquerda. Nesta questão a turma gama mostrou um desempenho melhor do que a turma alfa. Isto parece indicar que o uso de imagens utilizando o número de informações de 7 mais ou menos 2 elementos (STERNBERG, 2008, p.156) diminui a sobrecarga cognitiva extrínseca, deixando mais espaço na memória operacional para processamento das informações pertinentes a este segmento do conteúdo. As modificações feitas no slide específico para informar sobre as veias cardinais anteriores (APÊNDICE A) indicando somente os derivados finais destes vasos parece ter contribuído para o melhor desempenho da turma gama.

A questão 4 trata-se de uma questão de transferência que avalia a memória de curto prazo, como tido anteriormente, neste tipo de questão o aluno aplica o conhecimento recém armazenado e formula uma estratégia correta para a solução de um problema. Neste caso, o aluno deveria associar as veias subcardinais com a drenagem dos rins, gônadas, suprarrenais e com a formação de parte da veia cava inferior. O melhor desempenho dos alunos da turma gama nesta questão pode estar relacionado à utilização de figuras que abordam o desenvolvimento de cada vaso do sistema cardinal separadamente presentes no nosso material didático, mostrando com mais clareza e objetividade quais são os derivados desta veia no adulto. Por outro lado, as figuras utilizadas no material tradicional (APÊNDICE B) para explicar este conteúdo exige que o aluno tenha que separar em uma única figura, com muitos itens (sobrecarga cognitiva), quais destes itens estariam relacionados com as

veias subcardinais. Tanto na turma alfa, quanto na turma gama, alunos que não conseguiram nota integral nesta questão, geralmente deixaram de escrever sobre a parte da veia cava inferior proveniente das veias subcardinais. Este fato pode estar relacionado com a complexidade do desenvolvimento da veia cava inferior (carga cognitiva intrínseca) o que dificulta associações cognitivas precisas sobre os derivados das veias subcardinais. Erros relacionados ao fato da existência em embriologia de palavras semelhantes semanticamente também aconteceram nas duas turmas. Alguns alunos responderam nesta questão os derivados das veias supracardinais e cardinais anteriores, no lugar das veias subcardinais.

A questão 5 trata-se de outra questão de transferência. No caso desta questão, o aluno deveria associar uma veia específica do sistema cardinal com problemas na veia cava superior, o que corresponde a uma má formação congênita. Na respostas para esta questão o bom desempenho dos alunos pode estar relacionado com o fato de o aluno possuir esquemas mentais já formados sobre a veia cava superior (conhecimento prévio). Isto facilita sua associação com novas informações e seu recobrimento uma vez que o cérebro já possui circuitos estabelecidos para veia cava superior (MAYER, 2005a, p.46).

Na Questão 10 de retenção, a resposta correta seria as veias subcardinais e os seus derivados no adulto: as veias gonadais, renais, suprarrenais e parte da veia cava inferior. Observamos pela análise das respostas que houve pouca consolidação das informações relacionadas a este conteúdo na memória de longo prazo, isto, pôde ser detectado pelo fato da maioria dos alunos terem deixado esta questão em branco. Portanto, nas duas turmas obtivemos um aproveitamento muito baixo nesta questão (veja a incidência de notas zero para esta questão no APÊNDICE E). Os alunos da turma alfa colocaram como resposta as veias supracardinais e seus derivados em vez de subcardinais, indicando um recobrimento em que palavras semanticamente semelhantes tendem a ter mais dificuldade na sua recordação (GAZZANIGA; IVRY; MANGUN, 2006, p. 330; EYSENCK; KEANE, 2007, p.194). Ao mesmo tempo, a proximidade da posição espacial dos dois tipos de veias subcardinais e supracardinais pode ter contribuído para dificultar a aprendizagem. Neste caso, as modificações realizadas nas imagens do nosso material didático não facilitaram o aprendizado desta parte do conteúdo. Sendo assim, outras estratégias devem ser pensadas para ensinar e facilitar a

identificação das veias subcardinais e seus derivados no adulto.

A questão 11 de retenção teve o objetivo de fazer o aluno recordar quais os vasos que compõem o sistema cardinal. A resposta correta seria: as veias cardinais anteriores e posteriores, subcardinais e supracardinais que substituem as cardinais posteriores. Neste caso as alterações baseadas na TCAM realizadas nas figuras utilizadas para explicar este conteúdo no nosso material didático favoreceu a consolidação da informação na memória de longa duração, indicada pelos melhores resultados obtidos pela turma gama. Nesta questão não foi colocado o desenho para o aluno fazer a identificação dos vasos, isto pode ter acarretado menor sublocação de áreas cerebrais na formação da resposta.

A Questão 12 é de transferência, ou seja, para o aluno respondê-la ele deveria alocar vários recursos cognitivos aprendidos sobre o sistema cardinal e aplicá-los. Neste caso, o esquema mental elaborado pelo aluno deveria ser: as anastomoses entre as veias subcardinais formam o segmento pré-renal da veia cava inferior, e as anastomoses intersubcardinais formam a veia renal esquerda, enquanto a veia renal direita é proveniente da veia subcardinal direita. O aluno deveria associar estes vasos para identificar problemas na drenagem dos rins que levam a problemas renais. Se compararmos as médias obtidas nas respostas da turma alfa e gama verificamos que o nosso material didático não favoreceu a formação do esquema mental necessário para responder a questão. Entretanto, a análise da porcentagem de notas máximas nesta questão (Tabela 6) mostra que houve um aumento de 15,3% na turma alfa para 20,3% na turma gama. Isto pode indicar uma melhora na aprendizagem.

Na Questão 13 testamos a capacidade de retenção de informações e de resolução de problemas, pois, o aluno deveria saber quais os vasos afetam diretamente a drenagem da cabeça e do pescoço e também saber identificar no desenho a sua posição anatômica. O aluno teria que buscar na sua memória de longo prazo a origem destes vasos e elaborar a idéia de que se problemas acontecem durante o desenvolvimento embrionário destas veias, estes terão reflexos no indivíduo formado. A comparação do conhecimento já armazenado sobre o assunto permite ao aluno acessar segmentos da memória de longo prazo, selecionando as informações necessárias para a resposta correta. Neste caso, as veias jugulares são as responsáveis pela drenagem das regiões de cabeça e

pescoço e são originadas das veias cardinais anteriores direita e esquerda. Nas respostas desta questão observamos um melhor aproveitamento cognitivo para a turma gama, indicando benefícios positivos na aquisição e consolidação da memória de longo prazo utilizando os princípios da TCAM sobre o desenvolvimento do sistema cardinal.

5.2.2 Avaliação da utilização do material produzido- Relato de experiência

Nascimento, Guimarães e El-Hani (2009), ao fazer uma análise sobre as propostas e meios de avaliação de material didático voltados para o ensino de biologia aponta que a maioria deles é avaliada e validada pelas interpretações dos pesquisadores (validação interna). A seguir, discorremos sobre os aspectos observados pelo pesquisador ao aplicar o produto didático apresentado nesta dissertação, ou seja, um relato de experiência do uso do material por um professor de embriologia.

Como professor aplicador dos testes e professor regular de Histologia e Embriologia Médica II relato a satisfação e a facilidade de utilização da apresentação “Powerpoint” preparada a partir das bases do processamento cognitivo da informação e da teoria TCAM em comparação com as aulas onde se utiliza materiais tradicionais. Minha análise qualitativa do material didático modificado aponta as seguintes vantagens:

- Sobre a posição de estruturas nos desenhos - o conteúdo abordado, por ser complexo, possui uma carga cognitiva intrínseca que causa, muitas vezes, stress e desinteresse por parte dos alunos. A utilização das imagens modificadas na aula diminuiu o nível de stress e desinteresse por parte dos alunos e simplificou e facilitou a explicação deste tema complexo pelo professor; Isto foi facilmente detectado pela experiência da comparação com a aula utilizando o material tradicional. Observamos que os alunos se mostraram mais interessados quando utilizamos o material modificado e passaram a desempenhar um papel mais ativo no seu próprio aprendizado.

- Observamos que durante a apresentação dos slides do material modificado a presença de figuras simplificadas e com setas direcionadas permitiu encontrar facilmente a estrutura a ser explicada e indicá-la, diminuindo expressivamente a sobrecarga cognitiva e o tempo de explicação. O professor, e acreditamos que o aluno também, não precisa gastar tempo na procura da informação desejada na figura.

- O uso da apresentação modificada determina para o professor uma sequencia mais nítida de como deve encaminhar a explicação e qual o próximo passo a ser executado.

- Como durante a abordagem deste conteúdo, e de grande parte dos conteúdos de embriologia, é necessário acompanhar o desenvolvimento de estruturas que surgem e o que estas irão formar no adulto, a segmentação de figuras complexas foi fundamental para favorecer o entendimento deste processo. O fato de uma única figura ter sido segmentada, mostrando especificamente o que ocorre com cada estrutura, alinha a estrutura e o que ela vai formar no adulto. Desta forma, não ocorre confusão sobre qual a origem de determinada estrutura no adulto. Nos slides da aula utilizando o material tradicional (APÊNDICE B) como as estruturas embrionárias estão próximas anatômicas e são semanticamente semelhantes quanto ao nome, os alunos acabam confundindo as informações, gerando cognição errada do conteúdo e dificultando o acompanhamento do processo de desenvolvimento.

Consideramos importante relatar o menor número de perguntas feitas pelos alunos em apresentação modificada. Na apresentação tradicional frequentemente fomos interrompidos com perguntas como: “professor onde tá mesmo a estrutura?” ou “o senhor poderia mostrar novamente porque eu não estou vendo”. Utilizando a apresentação baseada na TCAM observamos que a ocorrência destes tipos de perguntas diminuiu, portanto, o tempo gasto na explicação e a dispersão dos alunos também foram reduzidas. Isto possibilita ao professor ter maior controle da aula e domínio da turma, e possibilita maior disponibilidade de tempo para explicações de partes complexas do conteúdo.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O ensino de embriologia exige dos alunos um grande esforço para o entendimento de uma série de conceitos complexos e muitas vezes abstratos, como é o caso da necessidade de visualização mental dos processos do desenvolvimento embrionário, através de recursos considerados estáticos, como lâminas, microscópios, desenhos, imagens 2D, ilustrações de livros, etc. Esses recursos estáticos, amplamente utilizados no ensino tradicional de embriologia, principalmente quando planejados sem levar em consideração o processo cognitivo humano, muitas vezes não são suficientes para ensinar corretamente ao aluno o conteúdo necessário. Diante deste quadro, nesta dissertação nos dedicamos à construção de um material didático que priorize a aprendizagem e facilite a melhor compreensão dos conceitos referentes ao ensino de embriologia, mais especificamente do desenvolvimento do sistema cardinal embrionário.

Para a elaboração do produto educacional, inicialmente foi essencial o estudo dos principais princípios da teoria multimodal de interpretação de figura e texto que alicerça esta dissertação. Em seguida, foram analisados 4 livros de embriologia amplamente utilizados como material didático tradicional no ensino superior. A análise dos livros mostrou que a maioria apresenta problemas quando analisados a luz dos princípios de planejamento de textos e da relação de textos e imagens advindos das pesquisas empíricas de Mayer e colaboradores. Cientes de que a obediência a estes princípios na elaboração de material didático pode tornar a aprendizagem mais eficiente, partimos para a elaboração de uma apresentação “Powerpoint”, diferente do material tradicional, que serve como uma seqüência de aula para explicar o desenvolvimento embrionário do sistema cardinal aplicando estes princípios.

Durante a produção do nosso material com tecnologia instrucional baseada nos princípios da teoria multimodal, desenhos esquemáticos que retratam o desenvolvimento do sistema cardinal foram reformulados. Neste caso, foi preparada uma seqüência de slides que separa a explicação de cada um dos componentes do sistema cardinal. Assim, desenhos esquemáticos complexos que retratam o desenvolvimento de vários vasos sanguíneos do sistema cardinal foram subdivididos

de modo a mostrar o desenvolvimento de cada vaso sangüíneo do sistema cardinal separadamente. A divisão da mensagem em passos ou segmentos facilita a seleção e a organização na memória operacional, facilita a conexão mental e, portanto, favorece a aprendizagem.

A subdivisão do conteúdo diminuiu o número de estruturas indicadas por setas, que por sua vez levou a diminuição da sobrecarga cognitiva intrínseca imposta na memória operacional dos aprendizes. Certificamo-nos de que o número de informações por slide ficasse próximo do número armazenado na memória de curto prazo, ou seja, na proximidade de 9 elementos. Empregando a animação de slides, as setas foram apresentadas uma de cada vez, o que facilita a explicação pelo professor e permite a obediência aos princípios de coerência, contigüidade temporal e sinalização durante a apresentação. Estes procedimentos aproximam-se da linha de veiculação para o processamento cognitivo da informação de acordo com a teoria multimodal. Na construção do material didático foi observada também a condição de iniciante do aluno no estudo da temática. Sendo assim, buscamos explicar o desenvolvimento do sistema cardinal partindo dos pontos mais simples para os mais complexos e tentamos, na medida do possível, utilizar termos embriológicos de menor complexidade, para que o aluno pudesse formar esquemas mentais que facilitassem a compreensão do conteúdo estudado.

Observamos durante a testagem do material produzido pontos positivos tanto para o aluno quanto para o professor. Do ponto de vista do professor destacamos que a preparação do material determinou maior comprometimento com o conteúdo a ser abordado e indicou os principais pontos que deveriam ser enfatizados durante a aula; o tempo dedicado a explicação das figuras foi maior e mais bem aproveitado, pois, perdeu-se pouco tempo com repetições de explicações pela diminuição da geração de dúvidas pelos alunos; o uso do material permitiu um melhor controle da aula por diminuir a desatenção e aumentar o interesse dos alunos. Do ponto de vista dos alunos, através da análise dos testes de retenção e transferência, observamos que nosso material por estar alinhado ao mecanismo cognitivo de processamento da informação, possibilitou um incremento na aquisição e consolidação da informação por diminuir as sobrecargas cognitivas (intrínseca e extrínseca) do conteúdo de embriologia de sistemas, obtendo-se desta maneira ganhos na aprendizagem.

Esperamos que esta dissertação e seu produto possam contribuir com a prática profissional do professor de Embriologia constantemente desafiado pela necessidade de manter-se atualizado em relação aos avanços tecnológicos e de levar os novos conhecimentos e recursos metodológicos para a sala de aula buscando despertar o interesse dos alunos e fazê-los aprender.

Espera-se que o material de apoio didático para o professor, aqui apresentado, seja de grande utilidade para professores e alunos, contribuindo efetivamente para a construção de conhecimentos, habilidades e competências na área do ensino de embriologia, mais especificamente para a abordagem do conteúdo do sistema venoso cardinal durante a fase embrionária.

Portanto, nosso trabalho, entre outros aspectos, mostra a importância de se associar as descobertas no campo cognitivo de aprendizagem na construção de materiais didáticos visando melhor aproveitamento pelo aluno. Estamos cientes de termos apenas iniciado a discussão e a experimentação destas descobertas no ensino de embriologia e que, não conseguimos sanar todos os problemas e que outras iniciativas serão necessárias no sentido de se obter resultados mais expressivos.

A continuidade de pesquisas nesta área irão aumentar o número de informações e indicar caminhos para a preparação de instrumentos metodológicos inovadores que contribuam para a aprendizagem efetiva. Estas informações também podem contribuir para mudanças na elaboração de livros didáticos.

Finalmente esperamos que nosso trabalho atinja as metas do mestrado profissionalizante para que um número maior de professores tomem contato que as inovações pesquisadas e produzidas nesta dissertação, e, possam aplicá-las no cotidiano de suas aulas. Esperamos que os materiais disponibilizados no CD possam ser aplicados na íntegra ou selecionados e modificados para atender às necessidades particulares dos professores e de seus alunos.

REFERÊNCIAS

BADDELEY, Alan; EYSENCK, Michael W.; ANDERSON, Michael C. **Memory**. New York: Psychology Press, 2009. 451 p.

BAUER, W. Martim; GASKELL, George. **Pesquisa qualitativa com texto: imagem e som: um manual prático**. 7. ed. Petrópolis, RJ: Vozes, 2008. 516 p.

BRANDÃO, Marcus Lira. **As bases biológicas do comportamento: introdução à neurociência**. São Paulo: EPU, 2004. 223 p.

CARLSON, Neil R. **Fisiologia do Comportamento**. 7. ed. Barueri, SP: Manole, 2002. 699 p.

CARVALHO, Ana Amélia Amorim. **Multimídia: um conceito em evolução**. Universidade do Minho Braga, Portugal: Revista Portuguesa em Educação. v. 15, n. 001. 2002. Disponível em: <<https://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/489/1/AnaAmelia.pdf>> Acesso em: 13 nov. 2009.

COCHARD, Larry R.; NETTER, Frank H. **Atlas de embriologia Humana de Netter**. Porto Alegre: Artmed, 2003.

CONSELHO NACIONAL DE PESQUISA DOS ESTADOS UNIDOS. **Como as pessoas aprendem: cérebro, mente, experiência e escola**. São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2007. 381 p.

DONDIS, Donis A. **Sintaxe da linguagem visual**. 2. ed. São Paulo: Martins Fontes, 1997.

DUARTE, Ana Gabriela Esteves. **Desenvolvimento e avaliação de uma metodologia para o ensino de embriologia humana baseada em quizzes**. 2007. 136f. Dissertação (Mestrado). Campinas, SP: [s/n].

EYSENCK, Michael W.; KEANE, MarkT. **Manual de psicologia cognitiva**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2007. 608 p.

FIORI, Nicole. **As neurociências cognitivas**. Petrópolis, RJ: Vozes, 2008. 230 p.

FLETCHER, J. D. TOBIAS, Sigmund. The Multimedia Principle. In: MAYER, Richard E. (Ed.). **The Cambridge Handbook of Multimedia Learning**. Santa Barbara: Cambridge, 2005. p. 117-134. 663 p.

FLICK, Uwe. **Introdução à pesquisa qualitativa**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 405 p.

FREITAS, Lessandro Augusto Martins de, et al. Construção de modelos embriológicos com material reciclável para uso didático. **Biosci. J.** Uberlândia, v. 24, n. 1, p. 91-97, jan./mar. 2008.

GAZZANIGA, Michael S.; IVRY, Richard B.; MANGUN, George R. **Neurociência cognitiva: a biologia da mente**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2006. 768 p.

GÓMEZ DUMM, César et al. **Embriologia humana: atlas e texto**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2006.

GUYTON, Arthur C.; HALL, John E. **Tratado de fisiologia médica**. 11. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2006. 1115 p.

HIB, José. **Embriologia médica**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008. 263 p.

JOLY, Martine. **Introdução à análise da imagem**. 11. ed. Campinas, SP: Papyrus, 1996. 152 p.

KOLB, Bryan; WHISHAW, Ian Q. **Neurociência do comportamento**. Barueri, SP: Manole, 2002. 601 p.

LENT, Roberto. **Neurociência da mente e do comportamento**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008. 356 p.

LUNDY-EKMAN, Laurie. **Neurociência: fundamentos para a reabilitação**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008. 477 p.

MAYER, Richard E. Cognitive Theory of Multimedia Learning. In: MAYER, Richard (Ed.). **The Cambridge Handbook of Multimedia Learning**. Santa Barbara: Cambridge, 2005a. p. 31-49. 663 p.

MAYER, Richard E. Principles for Reducing Extraneous Processing in Multimedia Learning: Coherence, Signaling, Redundancy, Spatial Contiguity, and Temporal Contiguity Principles. In: MAYER, Richard (Ed.). **The Cambridge Handbook of Multimedia Learning**. Santa Barbara: Cambridge, 2005b. p. 183-200. 663 p.

MAYER, Richard E. Introduction
In: MAYER, Richard E. (Ed.). **The Cambridge Handbook of Multimedia Learning**. Santa Barbara: Cambridge, 2005c. p. 1-17. 663 p.

MOORE, Keith L.; PERSAUD, T. V. N. **Embriologia clínica**. 8. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009. 536 p.

MORAES, Suzana Guimarães. **Desenvolvimento e avaliação de uma metodologia para o ensino de embriologia humana**. 2006. 321f. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Campinas, São Paulo.

NASCIMENTO, Lia Midori Meyer; GUIMARÃES, Maria Daniela Martins; EL-HANI, Charbel Niño. **Construção e avaliação de sequências didáticas para o ensino de biologia**: uma revisão crítica da literatura. Disponível em: <<http://www.foco.fae.ufmg.br/conferencia/index.php/enpec/vii/enpec/paper/viewFile/1002/415>>. Acesso em: nov. 2009.

ORGANIZAÇÃO DE COOPERAÇÃO E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICOS. **Compreendendo o cérebro**. São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2003. 178 p.

SADLER, Thomas W. **Fundamentos de Langman, embriologia médica**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2007. 155 p.

SCHNOTZ, Wolfgang. Integrative Model of Text and Picture Comprehension. In: MAYER, Richard E. (Ed.). **The Cambridge Handbook of Multimedia Learning**. Santa Barbara: Cambridge, 2005. p. 49-70. 663 p.

STERNBERG, Robert J. **Psicologia Cognitiva**. 4. Ed. Porto Alegre: Artmed, 2008. 584 p.

STRASUSS, Anselm; CORBIN, Juliet. **Pesquisa qualitativa:** técnicas e procedimentos para o desenvolvimento de teoria fundamentada. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2008. 288 p.

SWELLER, John. Implications of Cognitive Load Theory for Multimedia Learning. In: MAYER, Richard E. (Ed.). **The Cambridge Handbook of Multimedia Learning.** Santa Barbara: Cambridge, 2005. p. 19-30. 663p.

APÊNDICE

APÊNDICE A - CD-Room

PÊNDICE B - APRESENTAÇÃO EM POWERPOINT SOBRE O SISTEMA CARDINAL PARA A TURMA ALFA

DESENVOLVIMENTO EMBRIONÁRIO DO SISTEMA CARDIOVASCULAR I

Desenvolvimento precoce do coração e dos vasos

Terceira semana formam-se os **cordões endoteliais**, **cordões angioblásticos** no mesoderma cardiogênico, formam os **tubos cardíacos**, fundem e formam o **coração tubular**.

O fluxo de sangue começa durante a quarta semana.

São derivados do:

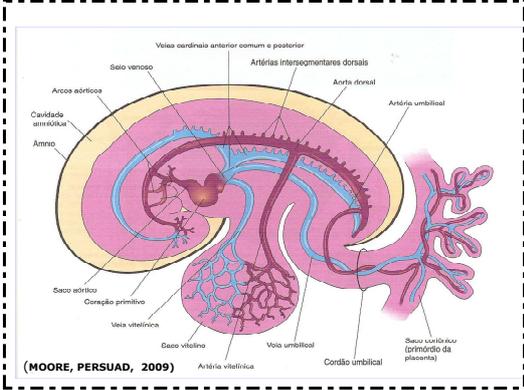
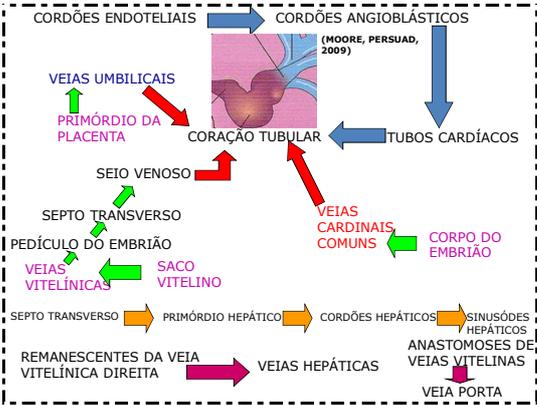
- Mesoderma esplâncnico – Forma o primórdio do coração
- Mesoderma Paraxial
- Crista Neural

(MOORE, PERSUAD, 2009)

Desenvolvimento das veias associadas ao coração

3 pares de veias drenam para o coração tubular de um embrião de 4 semanas:

- **Veias vitelínicas** levam sangue pouco oxigenado a partir do saco vitelino.
- **Veias umbilicais** levam sangue oxigenado a partir do primórdio da placenta.
- **Veias cardinais comuns** levam sangue pouco oxigenado a partir do corpo embrião.



Sistema Cardiovascular

- Veias vitelínicas seguem do saco vitelino para o embrião.
- O pedículo é um tubo estreito que une o saco vitelino ao intestino médio.
- As veias vitelinas passam pelo septo transversal, entram na extremidade venosa do coração, o **seio venoso**.

Sistema Cardiovascular

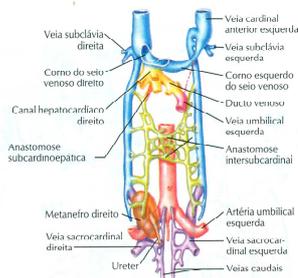
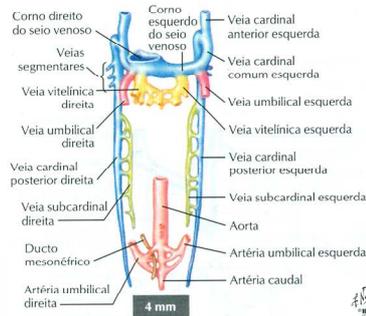
- O **primórdio hepático** cresce para o interior do septo transversal, os **cordões hepáticos** se anastomosam ao redor de espaços pré existentes revestidos por endotélio, esses espaços, **primórdios dos sinusóides hepáticos**, mais tarde ligam-se as veias vitelínicas.
- As **veias hepáticas** se formam dos remanescentes da veia vitelínica direita na região do fígado em desenvolvimento.
- A **veia porta** se forma de uma rede de anastomoses formada pelas veias vitelínicas ao redor do duodeno.

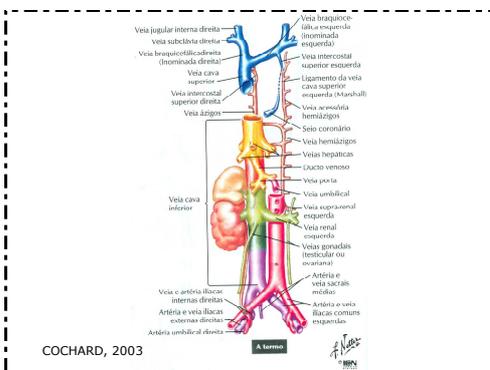
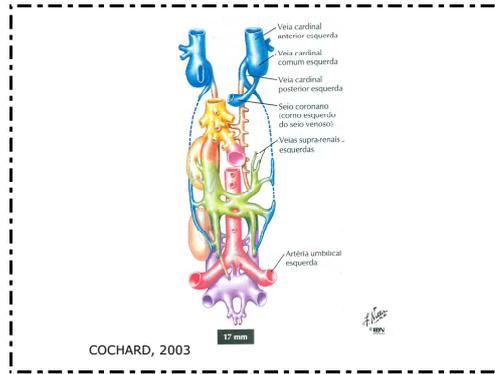
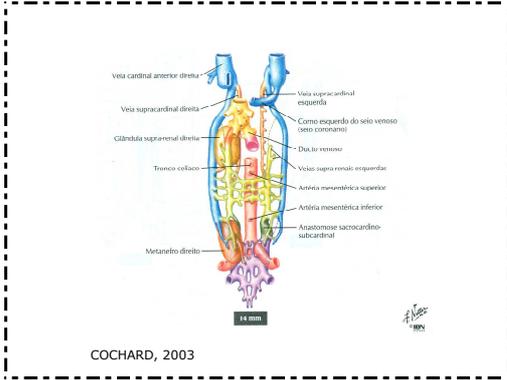
Sistema Cardiovascular

- **VEIAS CARDINAIS**
 - Principal sistema de drenagem venoso do embrião.
 - **Veias cardinais anteriores e posteriores**, drenam a região cefálica e caudal, respectivamente, se juntam as **veias cardinais comuns** e entram no seio venoso.
 - Oitava semana, as veias cardinais estão unidas por uma **anastomose**, que desvia o sangue das veias cardinais anterior esquerda, para a anterior direita.
 - Este desvio anastomótico torna-se a **veia braquiocefálica esquerda**, quando a porção caudal da veia cardinal anterior esquerda se degenera.

Sistema Cardiovascular

- Veias Umbilicais correm de cada lado do fígado e transportam sangue oxigenado da placenta para o seio venoso.
- Com o desenvolvimento do fígado, as veias umbilicais perdem a conexão com o coração e deságuam no fígado.
- A veia umbilical direita desaparece durante a sétima semana, **a veia umbilical esquerda é a única a transportar sangue oxigenado da placenta para o embrião**.



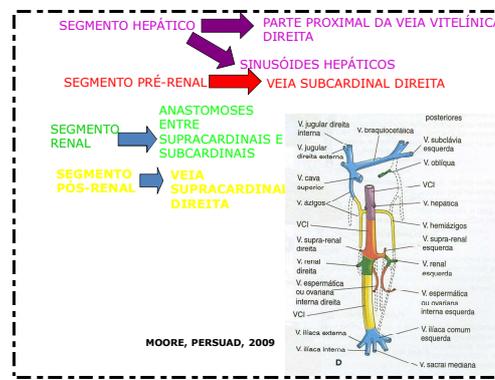


Sistema Cardiovascular

- A **veia cava superior** se origina da veia cardinal anterior direita e veia cardinal comum direita.
- **Veias cardinais posteriores** desenvolvem como vasos do mesonefron (rins intermediários) e desaparece quase que completamente com estes rins transitórios, no adulto, os derivados das veias cardinais posteriores são a **raiz da veia ázigos** e das **veias ilíacas comuns**.

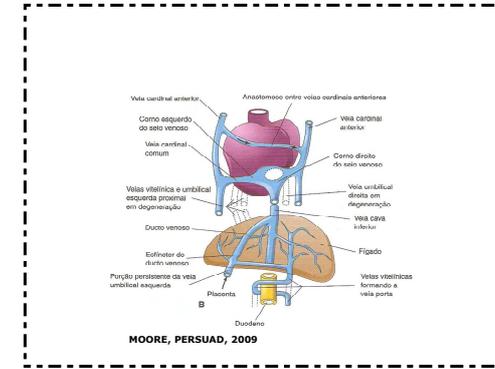
Sistema Cardiovascular

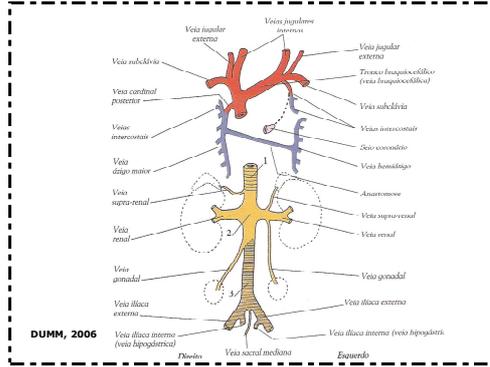
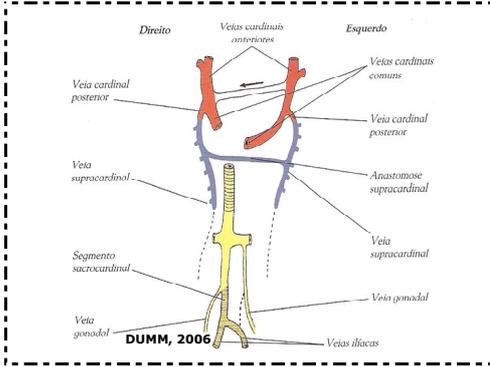
- Veias **subcardinais** e **supracardinais** gradativamente substituem as **veias cardinais posteriores**.
- As **veias subcardinais** aparecem primeiro, elas estão ligadas entre si por anastomoses subcardinais e com as veias cardinais posteriores através dos sinusóides mesonefrícos.
- As **veias subcardinais** dá origem a veia renal esquerda, **veias suprarrenais** e **veias gonadais**, e de um **segmento da VCI**
- As **veias supracardinais** são o último par de vasos a desenvolver, desfazem na região dos rins.
- As **veias supracardinais**, na região mais cranial, se unem por uma anastomose que é representada no adulto, pelas **veias ázigos** e **hemiazigos**
- Caudalmente ao rim a veia supracardinal esquerda degenera, mas a **supracardinal direita se torna parte da VCI**.



Desenvolvimento da veia cava inferior

- **Segmento hepático** derivado da veia hepática parte proximal da veia vitelínica direita) e de sinusóides hepáticos.
- Um **segmento pré-renal** derivado da veia subcardinal direita.
- Um **segmento renal** derivado de anastomoses entre as subcardinais e supracardinais.
- Um segmento **pós-renal** derivado da veia supra-cardinal direita.





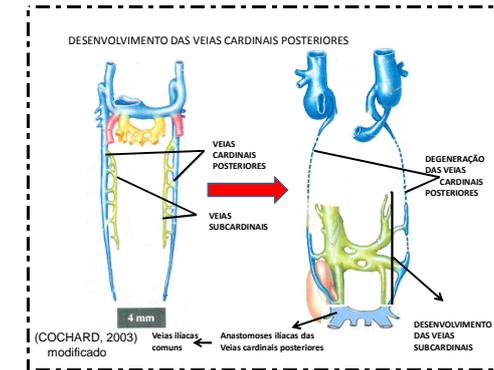
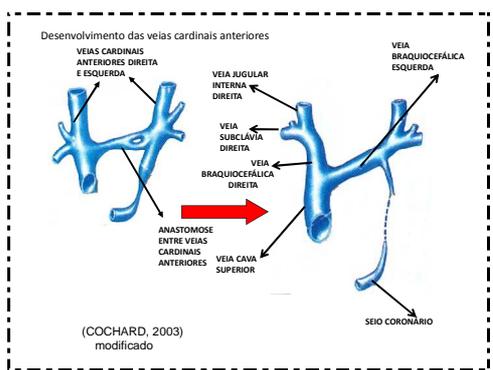
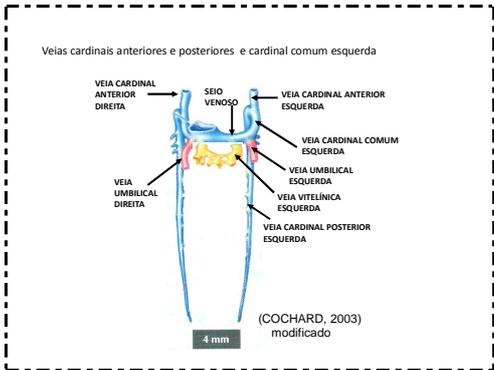
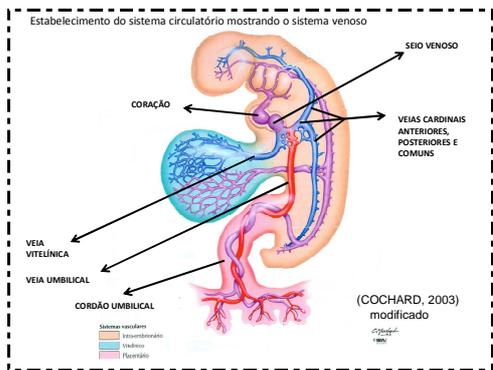
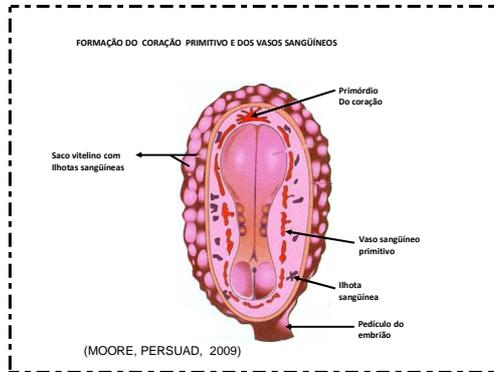
Quadro 19.3 Origem dos principais componentes venosos

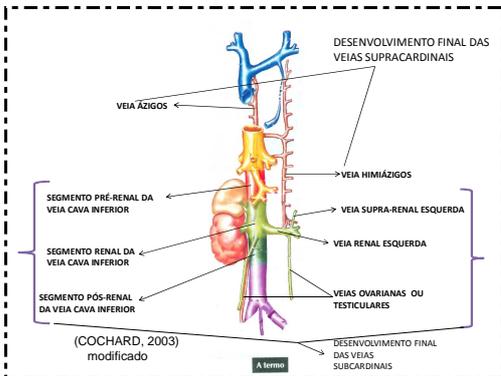
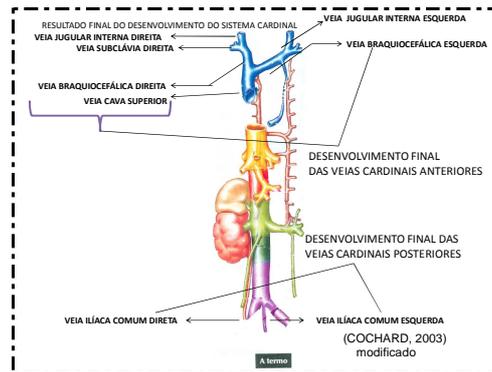
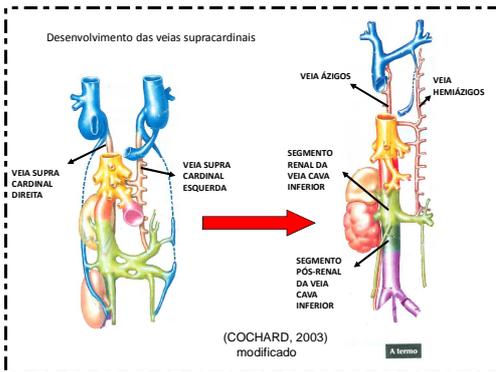
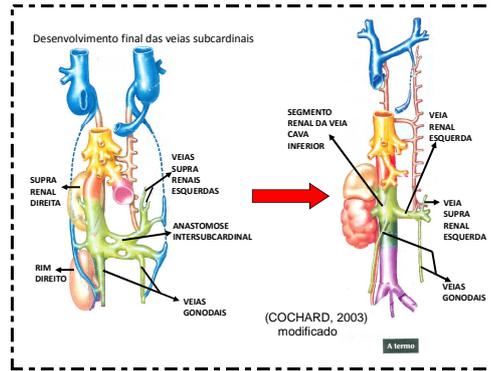
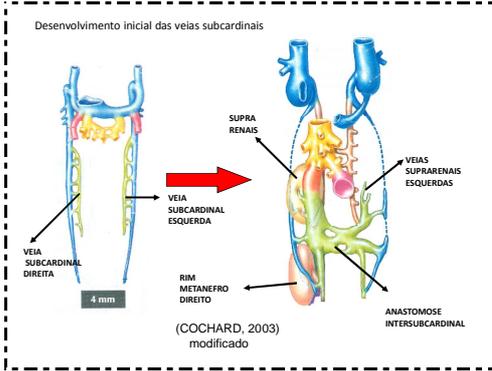
Nome das Veias	Origem
Veia cava superior	Porção proximal das veias cardinal anterior direita e cardinal comum direita
Veia cava inferior	Ducto hepatocardíaco direito
segmento pós-hepático	Anastomose hepatosubcardinal
segmento hepático	Veia subcardinal direita
segmento renal	Veia subcardinal direita
segmento sacrocardinal	Veia sacrocardinal direita
Tronco braquiocefálico direito	Veia cardinal anterior direita
Tronco braquiocefálico esquerdo	Anastomose intercardinal anterior
Veia azygos	Veia supracardinal direita
Veia hemiazygos	Veia supracardinal esquerda
Veia renal direita	Veia subcardinal direita
Veia renal esquerda	Anastomose intersubcardinal
Veias gonadais	Porção distal das veias subcardinais
Veias supra-renais	Sistema subcardinal
Veia porta	Rede venosa periaduodenal
Veias ilíacas primitivas e seus ramos	Sistema sacrocardinal

APÊNDICE C - APRESENTAÇÃO EM POWERPOINT SOBRE O SISTEMA CARDINAL PARA A TURMA GAMA

SISTEMA CARDINAL

EMBRIOLOGIA





APÊNDICE D - TESTE DE RETENÇÃO E TRANSFERÊNCIA SOBRE O SISTEMA VENOSO CARDINAL PARA A MEMÓRIA DE CURTO PRAZO

QUESTÃO 01 (Valor: 0,3 pontos.)

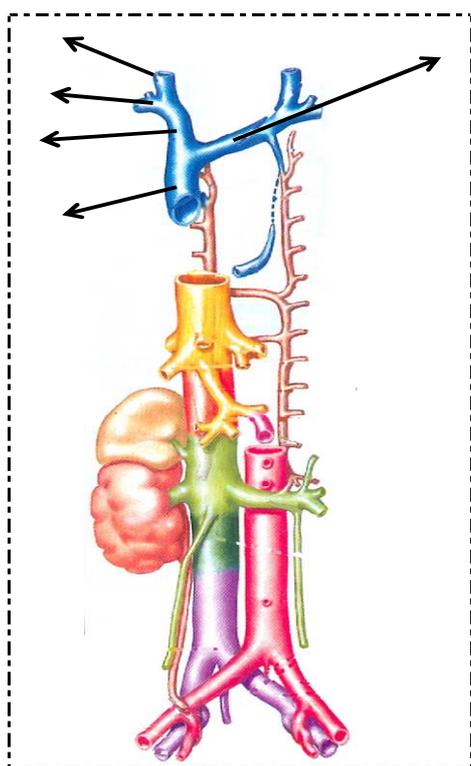
Explique como se formam os vasos sanguíneos durante o desenvolvimento embrionário?

QUESTÃO 02 (Valor: 0,3 pontos.)

Em um bebê a termo quais são as estruturas formadas a partir das veias supracardinais?

QUESTÃO 03 (Valor: 0,3 pontos.)

Escreva o nome completo das estruturas indicadas pelas setas?



QUESTÃO 04 (Valor: 0,8 pontos.)

Durante o desenvolvimento do sistema cardinal, se por um motivo desconhecido, não ocorrer a formação das veias subcardinais, quais as partes do indivíduo adulto seriam afetadas? Se este feto chegar a nascer, quais serão os problemas funcionais que aparecerão em função do não desenvolvimento das veias subcardinais?

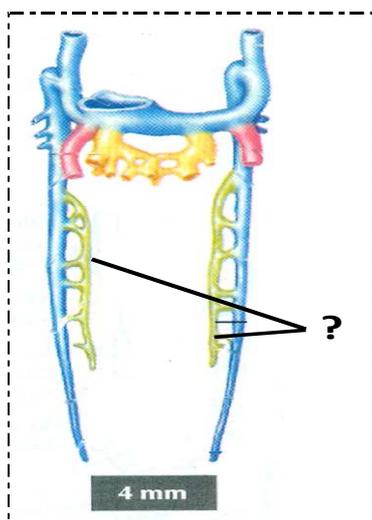
QUESTÃO 05 (Valor: 0,8 pontos.)

Qual ou quais as veias do sistema cardinal se não formadas corretamente poderiam acarretar malformação da veia cava superior? Justifique sua resposta.

APÊNDICE E -TESTE DE RETENÇÃO E TRANSFERÊNCIA SOBRE O SISTEMA VENOSO CARDINAL PARA A MEMÓRIA DE LONGO PRAZO

QUESTÃO 10 (Valor: 1,2 pontos.)

Quais são as veias formadas a partir das veias indicadas pelas setas?



QUESTÃO 11 (Valor: 1,0 pontos.)

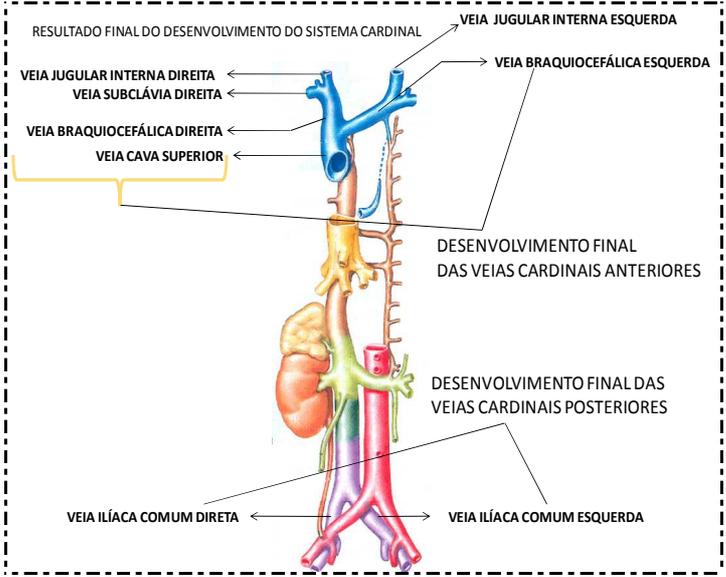
Quais os nomes dos vasos sanguíneos que compõem o sistema cardinal e a função de cada um?

QUESTÃO 12 (Valor: 1,0 pontos.)

Segmentos de veia do sistema cardinal participam da formação da veia cava inferior. Quais as veias cardinais se não formadas ou malformadas. Acarretam problemas renais? Justifique sua resposta

QUESTÃO 13 (Valor: 1,5 pontos.)

Circule no desenho abaixo **especificamente** as estruturas que afetam diretamente a drenagem da região da cabeça e do pescoço e em seguida explique sua origem embrionária.



**APENDICE F- NOTAS DAS QUESTÕES DO TESTE DA MEMÓRIA DE CURTO
PRAZO DAS TURMAS ALFA E GAMA**

Turma alfa

ALUNO	NOTAS				
	Questão 1	Questão 2	Questão 3	Questão 4	Questão 5
1	0,2	0,3	0	0,8	0,2
2	0,2	0,3	0,2	0,4	0,4
3	0	0	0,1	0,2	0,5
4	0	0	0	0	0,2
5	0,2	0	0,1	0,8	0,5
6	0,2	0,2	0	0	0,2
7	0,2	0,3	0,1	0,8	0,2
8	0,3	0,3	0,3	0,8	0,8
9	0,1	0	0,1	0,2	0
10	0,3	0,2	0,1	0,4	0,5
11	0,2	0	0,1	0	0,2
12	0,1	0,3	0,2	0,8	0,5
13	0	0	0,1	0	0
14	0,1	0	0,1	0	0
15	0,1	0,3	0	0	0
16	0,2	0	0,1	0,5	0,2
17	0,1	0	0,1	0	0
18	0,1	0	0,2	0	0
19	0,2	0,3	0,3	0,6	0,2
20	0,2	0	0	0,3	0,5
21	0	0,3	0	0,2	0,2
22	0	0	0,1	0,4	0,5
23	0,3	0,2	0,2	0,4	0,7
24	0,2	0	0	0,4	0,5
25	0	0	0,1	0	0
26	0,3	0,3	0,2	0,8	0,7
27	0,3	0,2	0,2	0,8	0,7
28	0,3	0	0,2	0,8	0,2
29	0,1	0,3	0,1	0	0
30	0,3	0,3	0,2	0,8	0,7
31	0,3	0,3	0,2	0,8	0
32	0,2	0,3	0,1	0,8	0,7
33	0,3	0,3	0,2	0,8	0,5
34	0,3	0,3	0,1	0,8	0,5
35	0,1	0,3	0,2	0,8	0,5
36	0,2	0,3	0,1	0,8	0,5
37	0	0	0,1	0,2	0,5
38	0,3	0,3	0,2	0,4	0,5
39	0	0	0	0	0
40	0,1	0,1	0	0	0
41	0	0,3	0,1	0,8	0,2
42	0	0	0,1	0	0
43	0,2	0,3	0,2	0	0
44	0,1	0,3	0,1	0,8	0,5
45	0	0	0	0	0,5
46	0,2	0	0,1	0	0,2
47	0	0,3	0	0,1	0,2
48	0	0	0	0	0
49	0,2	0,1	0,1	0,5	0
50	0,1	0,3	0,2	0,8	0,7
51	0,2	0,1	0,1	0,8	0,7
52	0,3	0	0,2	0	0,7
53	0	0	0	0,2	0
54	0,2	0,3	0,2	0,4	0,5
55	0,3	0,2	0	0,4	0
56	0,3	0,3	0,3	0,8	0,5
57	0	0	0,1	0	0

Turma gama

ALUNO	NOTAS				
	Questão 1	Questão 2	Questão 3	Questão 4	Questão 5
1	0,3	0,3	0,2	0	0,2
2	0,2	0,3	0,3	0,8	0,7
3	0,2	0,3	0	0,8	0,4
4	0,1	0	0	0	0,4
5	0,2	0,3	0,2	0,4	0,2
6	0,2	0,3	0,1	0,8	0,5
7	0	0	0,1	0	0
8	0	0	0	0,5	0,5
9	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0,4	0
12	0,1	0,3	0,1	0,6	0,5
13	0	0	0	0	0
14	0	0	0,1	0,8	0,5
15	0,2	0,3	0,1	0,5	0,5
16	0,2	0,3	0	0	0
17	0,1	0,3	0	0	0
18	0	0	0,1	0	0
19	0,2	0,3	0,3	0	0
20	0,2	0,3	0	0,8	0,5
21	0,2	0	0,2	0,5	0,3
22	0,2	0,3	0,2	0	0
23	0,2	0,3	0,2	0,5	0,7
24	0	0	0	0,3	0
25	0,1	0,3	0,2	0,8	0,5
26	0,2	0	0	0,8	0,5
27	0	0	0	0	0
28	0,2	0	0,1	0	0,3
29	0,3	0,3	0,1	0,8	0,5
30	0,1	0,3	0,1	0,8	0,7
31	0	0,2	0,1	0,3	0
32	0,2	0,3	0	0	0
33	0,2	0,3	0,2	0,5	0,5
34	0,2	0,3	0,2	0,8	0,7
35	0,2	0	0	0	0
36	0,3	0,3	0,3	0,8	0,8
37	0,2	0,3	0,2	0,8	0
38	0,1	0,3	0	0	0,4
39	0,2	0,3	0,2	0	0,8
40	0,2	0,3	0	0,5	0
41	0,2	0,3	0,1	0,5	0,8
42	0,3	0,3	0,2	0	0
43	0,1	0	0,1	0	0
44	0,3	0	0,1	0	0
45	0,3	0,3	0,3	0,8	0,8
46	0	0	0,1	0,8	0
47	0,3	0,3	0,3	0,8	0,8
48	0,1	0	0	0,8	0
49	0,2	0	0,1	0	0
50	0,2	0,3	0,1	0,8	0,7
51	0,3	0,3	0,3	0,8	0,8
52	0,3	0,3	0,3	0,8	0,8
53	0,2	0,3	0,2	0,8	0,7
54	0	0	0,2	0	0
55	0,1	0,3	0,1	0,7	0,7
56	0,3	0,3	0,1	0,8	0,5
57	0,1	0,3	0,1	0	0,7
58	0,2	0,1	0	0	0
59	0,2	0	0	0	0
60	0,1	0,3	0,2	0,8	0,7
61	0,1	0,3	0,3	0,8	0,5

APENDICE G - NOTAS DAS QUESTÕES DO TESTE DA MEMÓRIA DE LONGO PRAZO DAS TURMAS ALFA E GAMA

Turma alfa

ALUNO	NOTAS			
	Questão 10	Questão 11	Questão 12	Questão 13
1	0,0	0,4	1,0	0,8
2	0,0	0,0	0,0	0,4
3	1,2	1,0	1,0	0,8
4	0,6	0,3	0,5	0,4
5	0,0	0,3	1,0	0,2
6	0,0	0,2	0,5	0,8
7	1,2	0,4	1,0	0,4
8	0,0	0,4	0,0	0,4
9	0,0	0,4	1,0	0,0
10	0,6	0,4	0,5	1,0
11	0,0	0,0	0,0	0,0
12	0,0	0,3	1,0	0,0
13	0,3	0,4	0,0	0,4
14	0,0	0,8	0,5	1,5
15	0,0	0,4	0,5	0,4
16	0,0	0,4	0,5	1,2
17	0,0	0,3	0,0	0,0
18	0,0	0,0	0,0	0,0
19	0,0	0,4	0,5	0,0
20	0,0	1,0	0,5	0,0
21	0,0	0,6	0,0	0,4
22	0,0	1,0	0,5	1,5
23	0,0	0,4	0,5	1,5
24	0,5	1,0	0,5	0,4
25	0,0	0,2	0,0	1,5
26	0,0	1,0	0,0	0,0
27	0,0	0,6	0,5	0,0
28	0,0	0,6	0,5	0,4
29	0,0	0,2	0,5	0,8
30	0,0	0,2	0,0	0,0
31	0,0	0,6	0,5	0,0
32	0,0	1,0	0,0	1,5
33	0,0	0,0	0,2	0,4
34	0,0	0,0	0,0	0,0
35	0,0	0,0	0,0	0,0
36	1,2	0,4	1,0	0,0
37	0,0	0,4	0,0	0,4
38	0,0	0,8	0,0	0,4
39	0,0	0,8	0,5	0,4
40	0,0	0,0	0,0	0,4
41	0,0	1,0	0,5	0,0
42	0,6	0,8	0,3	0,8
43	1,2	1,0	0,5	1,5
44	0,0	0,0	0,0	0,4
45	0,0	0,3	0,5	1,5
46	0,0	0,2	0,5	1,5
47	0,0	1,0	0,0	0,8
48	0,9	0,4	1,0	0,0
49	0,0	0,0	0,0	0,4
50	0,0	0,0	0,0	0,0
51	1,0	0,3	0,3	0,4
52	0,0	0,2	0,5	0,0
53	0,0	0,4	0,5	0,0
54	0,0	0,2	0,0	0,4
55	0,0	0,8	0,5	0,8
56	0,0	0,9	0,5	1,5
57	0,0	0,4	0,0	1,0
58	0,0	0,4	0,3	0,4
59	0,0	1,0	1,0	0,4

Turma Gama

ALUNO	NOTAS			
	Questão 10	Questão 11	Questão 12	Questão 13
1	0,0	0,2	1,0	0,0
2	0,0	0,3	0,0	0,4
3	0,0	0,8	0,5	1,2
4	0,0	0,6	0,0	0,4
5	0,0	0,2	0,0	0,4
6	0,0	0,0	1,0	0,0
7	0,0	0,8	0,0	0,4
8	0,0	0,0	0,3	0,4
9	0,0	0,4	0,8	1,2
10	0,0	0,4	0,3	0,2
11	0,6	0,5	1,0	1,5
12	0,0	0,6	1,0	1,5
13	0,0	0,4	0,0	0,5
14	0,0	0,0	0,0	0,0
15	0,3	0,5	0,0	0,4
16	0,0	0,8	0,2	1,5
17	0,9	1,0	0,5	0,0
18	0,0	0,4	0,0	0,4
19	0,0	0,2	0,5	0,0
20	0,0	1,0	1,0	0,4
21	0,3	0,6	0,3	0,4
22	0,0	0,4	0,0	0,4
23	0,0	1,0	0,0	0,0
24	0,0	0,0	0,0	0,0
25	0,0	1,0	0,4	0,4
26	0,0	0,8	0,5	1,5
27	0,0	0,0	1,0	0,4
28	0,0	1,0	1,0	1,5
29	0,0	0,8	1,0	0,4
30	0,0	0,9	0,0	0,2
31	0,0	0,0	0,0	0,2
32	0,0	0,0	0,0	1,5
33	0,0	0,2	0,0	0,4
34	0,0	0,2	1,0	0,0
35	0,0	1,0	0,5	1,5
36	0,6	1,0	0,5	1,5
37	0,0	0,0	0,0	0,4
38	0,0	0,6	1,0	0,3
39	0,0	0,1	0,5	0,4
40	1,2	1,0	1,0	0,4
41	0,0	1,0	0,5	1,2
42	0,0	0,2	0,0	1,0
43	0,0	0,4	0,0	0,4
44	0,0	0,6	0,5	0,4
45	1,2	0,5	0,0	1,5
46	1,2	1,0	0,0	0,6
47	1,2	0,6	0,5	1,5
48	0,0	0,2	0,0	0,9
49	0,0	0,5	1,0	1,5
50	0,0	0,0	0,0	0,0
51	0,0	0,0	0,0	0,4
52	0,0	0,2	0,0	0,2
53	0,0	1,0	0,0	1,2
54	0,3	0,5	0,0	1,0
55	0,0	0,0	0,0	0,0
56	0,0	0,5	1,0	1,5
57	0,0	1,0	1,0	0,0
58	0,0	0,0	0,0	0,0
59	0,0	0,2	0,0	0,4