

VIVIANE GALVÃO VILLANI

**A EVOLUÇÃO CONCEITUAL DE ALUNOS SUBMETIDOS
A UMA PROPOSTA METODOLÓGICA DE ENSINO,
NA ÁREA DAS CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**

MARILIA 1992



CLASS.: 612.07
V716 e
2.2
TOMBO: 649

SVE

Aprese **VIVIANE GALVÃO VILLANI**



**A EVOLUÇÃO CONCEITUAL DE ALUNOS SUBMETIDOS A UMA
PROPOSTA METODOLÓGICA DE ENSINO, NA ÁREA DAS
CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**



Orientador: Dr. João Bosco da Costa Azevedo

1410000649



MARÍLIA - 1992

Ficha catalográfica

Villani, Viviane Galvão

A evolução conceitual de alunos submetidos a uma proposta metodológica de ensino, na área das ciências biológicas / Viviane Galvão Villani. -- 1992.

310p. : il. ; 31,5 cm.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Marília, 1992.

1. Ciências biológicas-ensino. 2. Fisiologia humana.

CDD 612.07

Apresentação e agradecimentos

Ao ingressar na UNESP para ministrar aulas no Curso de Fonoaudiologia, em fase inicial de implantação, imbuí-me com entusiasmo da convicção de que torná-lo realidade exigiria, necessariamente, partilhar com os alunos do curso e colegas de experiências que resultassem em contribuição pedagógica.

Abracei a árdua tarefa de conhecer, *bem de perto*, a realidade do ambiente de aprendizagem e dos estudantes.

Minha participação no Programa de Pós-Graduação em Educação, na própria unidade de ensino, e a prática concomitante do ensinar fizeram crescer em mim a certeza de que os resultados de um estudo como esse poderiam tornar a minha prática de ensino mais consciente e, ao mesmo tempo, fundamentar, com mais legitimidade, uma proposta de adequação da estrutura curricular do curso, à realidade dos estudantes e à do ambiente onde se instala.

Foram anos de trabalho, de estudo e participação ativa no processo. Neste, estiveram presentes, alunos, colegas e funcionários dos quais recebi apoio e contribuições valiosas.

A todos que acreditaram neste estudo, que abriram caminhos para que o mesmo se tornasse realidade e, em especial:

aos alunos do Curso de Fonoaudiologia da UNESP, Câmpus de Marília, uma das principais razões deste estudo;

aos Professores do Programa de Pós-Graduação da Universidade Estadual Paulista, Câmpus de Marília, participantes ativos do processo ensino-aprendizagem no qual estive envolvida durante estes últimos anos;

aos Professores, Dr. João Bosco da Costa Azevedo, Dr. Sadao Omote e Dr. Wilson de Faria, dos quais recebi, com segurança e entusiasmo, orientação;

à Prof^ª. Dr^ª. Helena Faria de Barros, que, inicialmente na condição de professora do Curso de Pós-Graduação, me facilitou a descoberta deste caminho e, mais tarde, por ocasião do exame de qualificação, me fez sugestões valiosas no sentido de aprimorá-lo;

à Prof^ª. Maria Cláudia Cabrini Grácio, pela grande contribuição prestada na realização da análise estatística dos resultados desta investigação;

ao Prof. Dr. Nathanael Ribeiro de Mello, Coordenador da Comissão de Ensino da Faculdade de Medicina de Marília, amigo com quem pude, tantas vezes, compartilhar idéias a respeito do ensinar. Dedicou ele horas do seu tempo na leitura deste trabalho, sugeriu e deu contribuições valiosas;

à Prof^ª. Dr^ª. Regina Célia Spadari, Coordenadora do Curso de Pós-Graduação em Fisiologia do Instituto de Biologia da UNICAMP, que analisou cuidadosamente o projeto desta pesquisa e, por ocasião do exame de qualificação, avaliou-lhe os resultados e fez sugestões importantes para o seu aprimoramento;

à Prof^ª. Maria José Costa Sampaio Moura, Assistente do Departamento de Fisiologia da PUC de Campinas, que deu contribuições valiosas ao analisar o projeto deste estudo;

ao Dr. Roberto de Queiroz Padilha, ex-Diretor da Faculdade de Medicina de Marília e Coordenador do Departamento de Medicina Preventiva daquela Instituição que, acreditando na importância do processo *ensino-pesquisa*, colocou à minha disposição condições necessárias para a implementação do projeto deste trabalho;

ao Sr. Walter Stroppa, Auxiliar Técnico Acadêmico da UNESP de Marília que dedicou horas de trabalho na construção e adaptação dos recursos materiais necessários à realização das aulas práticas de laboratório da disciplina Fisiologia Geral, sem as quais a implantação do Curso de Fonoaudiologia e a realização deste estudo estariam prejudicadas;

ao Guto, meu esposo companheiro e amigo que, apesar de privar-se tantas vezes da minha dedicação, me ajudou e me incentivou nesta caminhada;

aos meus filhos Flavinha, Tati, Guga e Guiga que apesar de não compreenderem o conteúdo desta investigação souberam partilhar de sua realização com muita curiosidade,

aos meus pais queridos que me iniciaram e encaminharam, com tanto amor e sacrifício na interação com o mundo do aprender,

o meu muito obrigado.

Marília, 1992



SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	9
1.1	O construtivismo e o ensino.....	17
1.1.1	Os pressupostos construtivistas do conhecimento humano.....	18
1.1.2	A aprendizagem significativa.....	26
1.1.2.1	Princípios e estratégias de ensino facilitadores da aprendizagem significativa.....	32
1.2	O corpo de conhecimentos e os conceitos <i>chaves</i> selecionados para estudo na pesquisa e na articulação dos conteúdos instrucionais da disciplina Fisiologia Geral.....	40
2	OBJETIVO DA PESQUISA.....	47
3	METODOLOGIA DA PESQUISA.....	48
3.1	A proposta metodológica de ensino da disciplina Fisiologia Geral.....	49
3.1.1	A organização dos conteúdos instrucionais da disciplina Fisiologia Geral.....	52
3.1.2	A implementação da proposta metodológica: um breve relato da vivência do método.....	60
3.2	Sujeitos.....	69
3.3	Instrumentos utilizados na identificação da estrutura conceitual dos sujeitos.....	69
3.4	Procedimentos.....	72
3.4.1	Procedimentos metodológicos utilizados na identificação da estrutura conceitual dos sujeitos.....	72

de ensino.....	163
5 DISCUSSÃO.....	169
5.1 Considerações gerais.....	169
5.2 Análise de determinados aspectos estruturais e funcionais, específicos do conhecimento dos sujeitos, identificados antes e após a implementação da proposta metodológica de ensino.....	175
5.3 Implicações pedagógicas.....	204
6 CONCLUSÕES FINAIS.....	211
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	213

ANEXOS

A. Questões de múltipla escolha.....	218
B. Questões inseridas nas avaliações da disciplina Fisiologia Geral.....	235
C. Roteiro de perguntas utilizado nas entrevistas clínicas.....	237
D. Programa de ensino da disciplina Fisiologia Geral e seus objetivos específicos.....	239
E. Análise estatística dos resultados obtidos nas questões de múltipla escolha, nos pré e pós-testes.....	250
F. Mapas conceituais das Unidades de Ensino.....	261
G. Roteiros de aulas práticas.....	269
H. Questões de estudo.....	294
I. Sugestões de textos para leituras básicas e complementares ao estudo dos conteúdos programáticos da disciplina Fisiologia Geral.....	302

J. Redação: "O corpo humano: uma interação perfeita".....	312
Resumo.....	313
Summary.....	315
Glossário.....	317

respeito da temática que pretendemos analisar neste trabalho, que alunos são aproveitados de uma série para outra, ou de um curso para outro, com grande deficiência de aprendizagem significativa. Tal fato pode ocorrer quando itens de avaliação não solicitam o uso de conceitos e princípios e exigem apenas definições, datas, denominações e outros conhecimentos factuais que podem ser facilmente memorizados e não exigem o processamento de outras idéias para resolver uma situação ou problema.

Chamamos a atenção a constatação de que alunos de 1ª grau da periferia da zona urbana e, principalmente da zona rural, forneciam respostas a questões avaliativas, consideradas inadequadas, mais freqüentemente, por não possuírem um bom domínio da linguagem formal, de acordo com a preferência dos professores que por falta das informações solicitadas.

Na docência com alunos do Ciclo Básico da Escola Médica, e posteriormente com alunos do Curso de Fonoaudiologia, obtivemos indicadores de que as respostas aceitáveis daqueles alunos, com a repetição das informações solicitadas, nem sempre indicavam que aprendiam de forma significativa.

Passou a ficar clara a idéia de que nem o domínio insuficiente da linguagem formal poderia configurar a ausência de um razoável sistema de significações, nem o seu domínio

1 INTRODUÇÃO

Em nossas atividades docentes com alunos da Escola de 1º e 2º Graus e Ensino Superior constatamos a respeito da temática que pretendemos analisar neste trabalho, que alunos são aprovados de uma série para outra, ou de um curso para outro, com grande deficiência de aprendizagem significativa. Tal fato pode ocorrer quando itens de avaliação não solicitam o uso de conceitos e princípios e exigem apenas definições, datas, denominações e outros conhecimentos factuais que podem ser facilmente memorizados e não exigem o processamento de outras idéias para resolver uma situação ou problema.

Chamou-nos a atenção a constatação de que alunos de 1º grau da periferia da zona urbana e, principalmente da zona rural, forneciam respostas a questões avaliativas, consideradas inadequadas, mais freqüentemente, por não possuírem um bom domínio da linguagem formal, de acordo com a preferência dos professores que por falta das informações solicitadas.

Na docência com alunos do Ciclo Básico da Escola Médica, e posteriormente com alunos do Curso de Fonoaudiologia, obtivemos indicadores de que as respostas aceitáveis daqueles alunos, com a repetição das informações solicitadas, nem sempre indicavam que aprendiam de forma significativa.

Passou a ficar clara a idéia de que nem o domínio insuficiente da linguagem formal poderia configurar a ausência de um razoável sistema de significações, nem o seu domínio



representaria um sistema correto de significações disponíveis para a utilização de conhecimentos adquiridos.

Na análise do rendimento escolar daqueles alunos, passamos a explorar questões que exigiam o uso de conceitos básicos que já deveriam ter sido aprendidos e estar claros e estáveis na estrutura cognitiva dos mesmos. Os resultados quase sempre contrariavam o esperado.

Num estudo que realizamos com estudantes dos três níveis de escolaridade, sobre o conceito "Formação da urina", encontramos uma estrutura conceitual espontânea, errônea, mais freqüente entre os estudantes do 1º grau e que permanecia inalterada em alguns dos estudantes do curso superior. Os resultados encontrados convergem também para os encontrados por Barret & Nunes (1989) sobre conceitos espontâneos errôneos de estudantes acerca dos processos da digestão e absorção de alimentos.

Todos esses dados vêm servindo para confirmar o pressuposto de que o conhecimento humano seja construído através das experiências de vida particular e que, portanto, jamais pode ser considerado um retrato da realidade. Esse pressuposto vem remetendo, desde há muito tempo, vários estudiosos do comportamento humano a estudos sobre a gênese do conhecimento.

Este estudo se realiza na vivência de uma proposta metodológica para o ensino na disciplina Fisiologia Humana e nos remete a uma análise das relações entre os fatores internos dos sujeitos cognoscentes, em especial, as características da estrutura cognitiva e os fatores do ambiente de aprendizagem.

São poucos os estudos sobre a estrutura conceitual de estudantes no campo de conhecimento das



Ciências Biológicas. Porém, algumas investigações sobre mudança conceitual, interferência de procedimentos didáticos na formação e transformação conceitual na área da Ciência Física, já realizados há algum tempo, podem subsidiar estudos correlatos em outros campos do conhecimento humano.

Acreditamos que a estrutura conceitual constitua um dos instrumentos da interação do sujeito cognoscente com o meio e, conseqüentemente, fator limitante da prática intervencionista consciente dos seres humanos.

A explicitação de dados levantados na vivência do ensino, baseada em princípios e estratégias teórico-metodológicos, ainda que restrita a uma determinada classe de sujeitos, poderá contribuir, de alguma forma, para a análise do processo ensino-aprendizagem na área das Ciências Biológicas e em outros campos do conhecimento.

Fundamentados nos pressupostos construtivistas da aquisição do conhecimento humano, propusemo-nos, neste estudo, analisar a evolução conceitual, no campo do conhecimento das Ciências Biológicas, dos alunos do 1º ano do Curso de Fonoaudiologia da Universidade Estadual Paulista, Câmpus de Marília, submetidos a uma proposta metodológica para o ensino na disciplina Fisiologia Geral.

A proposta metodológica configurou-se em processos de seleção, organização e em formas de implementação de conteúdos instrucionais da área das Ciências Biológicas. Tais processos e estratégias de apresentação de conteúdos fundamentaram-se em pressupostos construtivistas de teorias de ensino e aprendizagem facilitadoras da aprendizagem significativa dos estudantes do Curso de Fonoaudiologia que cursavam a disciplina Fisiologia Geral.



O objetivo maior do estudo da Fisiologia Humana é o entendimento da homeostasia orgânica. Este, por sua vez permite a compreensão das causas dos comportamentos humanos gerais, entre eles a comunicação através dos sentidos e da linguagem, gerados nas interações com o ambiente físico e social.

Acreditamos que a análise das possíveis relações entre os aspectos organizacionais do ambiente de aprendizagem escolar (seleção, hierarquização e sintaxe do conhecimento científico, e os resultados efetivos de aprendizagem escolar), possa explicar as causas das principais formas de conceituações dos estudantes e possa sugerir estratégias que facilitem a evolução e a transformação conceitual numa área específica do conhecimento humano.

Para nós, o grau de convergência entre significados de naturezas diferentes, espontâneos e científicos, constitui uma das condições para a construção de um arcabouço conceitual potencialmente capaz de tornar o conhecimento utilizável.

A outra condição é a situação específica da interação entre a estrutura conceitual e o objeto do conhecimento. Nenhuma das variáveis nesta situação pode ser manipulada com finalidade específica no ambiente cotidiano. Só em situação de aprendizagem escolar.

As relações entre as características cognitivas e os aspectos organizacionais do ambiente de aprendizagem, a que se submeteram os estudantes, são levantadas através da análise dos aspectos estruturais e funcionais das estruturas de conceitos que identificamos na maioria dos sujeitos e da análise dos aspectos organizacionais do ambiente de aprendizagem a



que se submeteram antes e após a implementação da proposta metodológica.

Os aspectos organizacionais do conteúdo instrucional pertinente ao campo desta pesquisa, ao qual se submeteram os estudantes, antes da implementação da proposta metodológica, são levantados através da análise de dois livros-texto, utilizados pela maioria deles em nível de segundo grau.

Os aspectos organizacionais do ambiente de aprendizagem a que se submeteram os estudantes na disciplina Fisiologia Geral do Curso de Fonoaudiologia, explicitam-se na pesquisa através do programa de ensino que elaboramos e implementamos fundamentados nos pressupostos construtivistas do conhecimento humano os quais aparecem em várias teorias da aprendizagem, entre elas a teoria de David Ausubel.

A proposta metodológica de ensino constitui um fator exógeno ao sistema cognitivo dos estudantes e, neste estudo, teve o propósito de favorecer o emergir de novos recursos de mediação, com o aparecimento de novas relações conceituais, na área das Ciências Biológicas.

O conhecimento sobre a estrutura conceitual prévia dos estudantes e de suas relações com aspectos organizacionais do ambiente de aprendizagem, a que se submeteram em nível de segundo grau, subsidia os processos de seleção e organização da proposta metodológica da disciplina Fisiologia Geral.

A nossa participação ativa, no processo de implementação da proposta, permitiu-nos criar condições para a interação efetiva das variáveis do processo de aprendizagem: a) endógenas (conhecimento dos estudantes); b) exógenas (aspectos organizacionais do ambiente de aprendizagem). A participação ativa no processo permite a facilitação da interação



dessas variáveis, endógenas e exógenas, tanto em seus aspectos estruturais como funcionais e, também, a avaliação do processo de transformação conceitual dos estudantes *durante* a vivência do método. A avaliação do processo de evolução conceitual dos estudantes durante a implementação do método, constitui condição fundamental do processo de interação no ambiente escolar, sem a qual a manipulação deliberada dos aspectos organizacionais do ambiente de aprendizagem é inviabilizada.

Nos processos de seleção, organização e implementação dos conteúdos instrucionais na disciplina Fisiologia Geral levamos em conta o conhecimento prévio dos estudantes, a natureza do conhecimento científico na área das Ciências Biológicas e determinados princípios e estratégias didáticas na busca da aprendizagem significativa, procurando assim tornar concreto o aspecto interacionista defendido pelas teorias construtivistas do conhecimento humano, as quais o pressupõem condição fundamental para a gênese e evolução do conhecimento.

De acordo com a teoria ausubeliana de aprendizagem e ensino, a gênese de conhecimentos utilizáveis, denominada *aprendizagem significativa*, é dependente do tipo de interação entre o *arcabouço conceitual do aprendiz* e *determinados aspectos organizacionais do ambiente de aprendizagem escolar*, entre eles, os conteúdos instrucionais. Segundo Ausubel (1980), para que ocorra a aprendizagem significativa, dado que a aquisição de significados é particular e não ocorre na humanidade em geral:

não basta que o novo material não seja arbitrário e substantivamente relacionável a correspondentes idéias relevantes, no sentido abstrato do termo (há idéias pertinentes que alguns seres humanos poderiam aprender em circunstâncias apropriadas). É necessário também que tal conteúdo ideativo esteja

disponível na estrutura cognitiva daquele aprendiz em particular. (Ausubel, 1980, p.40)

A teoria ausubeliana de aprendizagem considera que tal tipo de aprendizagem só ocorre quando o aprendiz, ao ler um texto qualquer, consegue traduzi-lo para a sua linguagem particular, ou seja, traduzir os significados impostos na leitura em um nível de abstração particular. Traduzir um princípio geral em exemplos ou ainda, traduzir uma forma simbólica para outra.

Segundo a teoria ausubeliana de aprendizagem e ensino, na avaliação de conhecimento, quando se deseja identificar o tipo de aprendizagem, a que submeteram os estudantes, o avaliador deve procurar identificar a “retenção funcional” e os procedimentos avaliativos não podem ser independentes de uma teoria de aprendizagem. Neste caso, os resultados da avaliação devem fornecer indícios que permitam verificar as causas do rendimento insatisfatório do aluno.

Para Ausubel (1968), o rendimento insatisfatório do aluno pode ser:

inerente aos métodos de materiais instrucionais inadequados, ao ensino incompetente, à motivação ou moral inadequada dos estudantes, ou a uma insuficiência de prontidão e aptidão.

Nas relações entre o aprendiz e o ambiente estão presentes também variáveis psicológicas que podem exercer influência nas interações do aprendiz com variáveis do ambiente. Os behavioristas denominam ou classificam tais variáveis como estímulos discriminativos ou reforçadores, os cognitivistas, como Ausubel, as denominam fatores afetivo-sociais e, finalmente, os humanistas, a exemplo de Rogers, de atributos pessoais do professor, facilitadores da aprendizagem.

Para nós, essas variáveis são intrínsecas ao processo de implementação de programas educacionais dos quais fazem parte, não só todo o sistema educacional que antecede o desenvolvimento de um programa específico, mas também todo o ambiente com o qual interage o sujeito.

O programa de ensino da disciplina Fisiologia Geral, que elaboramos, foi estruturado e implementado com base em pressupostos construtivistas para a aquisição significativa do conhecimento formal. Procuramos adequá-lo aos estudantes, à realidade do ambiente de aprendizagem.

Para a implementação do programa de ensino fizeram-se condições prévias a identificação da estrutura de significados aceita no contexto da matéria de ensino; a identificação dos conceitos chaves de um corpo de conhecimentos, considerado pré-requisito para a aprendizagem significativa; a identificação dos significados preexistentes na estrutura cognitiva da maioria dos estudantes, relacionados a esse mesmo corpo de conhecimentos, objeto de análise na pesquisa.

Determinados aspectos desta experiência como, por exemplo, os resultados efetivos de aprendizagem dos estudantes, sugerem caminhos para o redirecionamento da disciplina Fisiologia Geral e a reestruturação do currículo do Curso de Fonoaudiologia da UNESP de Marília, ainda em fase de implantação.

A busca de condições adequadas, físicas e de recursos humanos e materiais para a implementação de currículos, facilitadores da construção conceitual dos estudantes, deve constituir um desafio a todos que, de alguma forma, participam do ambiente de aprendizagem ou nele interferem. Porém, a prática do *ensinar*, em vários graus de

escolaridade, tem-nos mostrado que, mesmo em reuniões pedagógicas, de Conselhos de Cursos, oportunidades únicas de integração de experiências pedagógicas, os aspectos práticos da implementação de programas de ensino, dificilmente são compartilhados.

A nossa vivência no magistério tem-nos mostrado que a manipulação de determinados aspectos organizacionais de programas de ensino e a seleção de recursos instrucionais durante a sua implementação ocorrem freqüentemente no processo ensino-aprendizagem independentemente de mudanças de atitudes em relação a métodos de ensino.

Os resultados de aprendizagem, explicitados na pesquisa, são resultados de uma prática de ensino baseada em referenciais teórico-práticos e podem justificar com maior potencialidade a manipulação substantiva dos conteúdos da disciplina Fisiologia Geral com as demais disciplinas do Curso.

Por outro lado, a análise das relações entre as características cognitivas dos estudantes e os aspectos organizacionais dos ambientes de aprendizagem na pesquisa sugere que investigações mais aprofundadas sobre a evolução do conhecimento na área das Ciências Biológicas, realizadas com estudantes dos diferentes níveis de escolaridade, podem ajudar a esclarecer a gênese dos significados nessa área e indicar estratégias específicas para o ensino de conteúdos em tal área do conhecimento humano.

1.1 O construtivismo e o ensino

A ação instrucional implica em operar a partir de resultados de aprendizagem e definir tarefas específicas para o professor e para o aluno. O produto da instrução são certos resultados de aprendizagem efetivamente



obtidos, os quais espera-se que corresponda aos pretendidos. (Moreira & Axt, 1987, p.250-8)

1.1.1 Os pressupostos construtivistas do conhecimento humano

Glasserfeld (1989) publicou um histórico sobre a origem da concepção construtivista. Segundo o autor, Vico, ainda no século XVIII, no tratado *De Antiquíssima Italorum Sapientia*, publicado em 1710, já preconizava estágios de desenvolvimento, a incomensurabilidade das idéias para as diferentes histórias ou estágios individuais, a origem conceitual como resultado de abstrações e formalizações e ainda a função da linguagem na origem dos conceitos. Para ele, o agente epistêmico não conhece nada, mas com a estrutura cognitiva agem juntos (referindo-se ao papel da interação do indivíduo com o ambiente para a construção do conhecimento).

Duzentos anos mais tarde, a epistemologia construtivista de Vico é retomada por Piaget (1971), que passa a considerá-la relacionando-a ao desenvolvimento.

Segundo pressupostos construtivistas do conhecimento humano, explicitados nas teorias de aprendizagem de Piaget, Vygotsky, Ausubel, entre outros, a gênese do conhecimento encontra-se nas interações criadoras de esquemas entre o sujeito cognoscente e o meio. A partir dessas, novos esquemas cognitivos operacionais podem ser criados, ou ainda, os já existentes, ampliados, transformados, diferenciados, refinados.

A análise de aspectos cognitivos, presentes na aprendizagem, inerentes ao sujeito cognoscente e de fatores do ambiente com o qual interage esse sujeito, pode favorecer o

entendimento de como o conhecimento evolui e de suas relações com essas variáveis complexas, estrutura cognitiva e ambiente social.

A noção de construção cognitiva foi adotada, em nosso século, por Mark Badwin e elaborada extensivamente por Jean Piaget, que considerou a aprendizagem como produto do próprio processo de organização do conhecimento, e este jamais como representação pura e simples do mundo real.

Embora existam diferenças básicas entre as diversas teorias construtivistas que tratam da aprendizagem e do desenvolvimento cognitivo, principalmente no que diz respeito às relações entre os processos endógenos e os exógenos, presentes nas interações entre o sujeito e o ambiente físico e social respectivamente, o aspecto interacionista faz-se presente em todas elas como condição fundamental para a evolução do pensamento e da linguagem.

Em 1957, Ausubel, nos Estados Unidos, iniciou estudos com a finalidade de apresentar estratégias que pudessem melhorar a assimilação significativa de conceitos. Em 1963 publicou *A psicologia da aprendizagem verbal significativa* e, em 1968, *Psicologia Educacional: um ponto de vista cognitivo* em que defende uma teoria de ensino com pressupostos construtivistas, para explicar a aquisição de conhecimento formal. Para ele, o ensino só se torna efetivo, quando as variáveis psicológicas do processo de construção conceitual, que controlam a aprendizagem, como a estrutura psicológica do conhecimento (significado, processo de organização, ordem dos elementos componentes e natureza cognitiva do conteúdo), se interagem. A assimilação de conceitos novos, de acordo com a teoria ausubeliana de aprendizagem e ensino, é dependente da presença de

determinados conceitos prévios denominados subsunçores, e do tipo de interação que se estabelece entre o sujeito cognoscente e o ambiente.

O ensino e a aprendizagem não são extensivos - o ensino é somente uma das condições que podem influenciar a aprendizagem. Conseqüentemente, os alunos podem aprender sem serem ensinados, ou seja, podem tornar-se autodidatas (...) o ato de ensinar não tem razão em si mesmo. (Ausubel, 1980, p.10)

Tanto Ausubel como Piaget e Vygotsky admitem a estrutura cognitiva do aluno como fator endógeno da aquisição de novos conceitos e, nesse sentido, Ausubel acredita que ela se comporta como substrato para a implementação de propostas metodológicas para o ensino de conteúdos instrucionais específicos.

Vygotsky (1991), ao estudar os conceitos de crianças, em várias faixas etárias, mostrou que o grau de generalidade deles é a variável psicológica básica, segundo a qual podem ser significativamente ordenados. Para ele, "se cada conceito é uma generalização, então a relação entre conceitos é uma relação de generalidade" (p.95).

O pressuposto vygotskyano, citado acima, aparece também na teoria ausubeliana de aprendizagem e ensino e vem servindo como um princípio, utilizado por seus seguidores tanto na elaboração de instrumentos de avaliação conceitual como na de recursos didáticos. Entre estes instrumentos estão os chamados *mapas conceituais*.

De acordo com os pressupostos construtivistas, os conteúdos do processo de desenvolvimento do sujeito cognoscente são naturais e espontâneos. No entanto, os conteúdos instrucionais, apresentados na escola, são arbitrários e artificiais, o que impõe o uso de procedimentos e estratégias provocadores de *desequilíbrios*, segundo a visão piagetiana e,

de zonas proximais sucessivas, segundo a visão vygotskyana, respectivamente, condições psicológicas que promovem o desenvolvimento cognitivo.

Glasserfeld (1989) referiu-se à necessidade de se considerar, no processo de ensino, a participação ativa dos estudantes como condição única de convergência de conhecimentos, de naturezas diferentes, espontâneos e científicos, da seguinte maneira:

os estudantes não têm os mesmos objetivos particulares a que visam os cientistas, a menos que aceitemos que eles participem como inventores e reveladores de modelos conceituais, o objetivo da construção, um modelo coerente e relativamente realizável de seus mundos experimentais, não podemos levá-los a expandir seus conhecimentos. (Glasserfeld, 1989, p.121-40)

Segundo Coll (1987, p.188), a aplicação prática dos pressupostos construtivistas do conhecimento humano, no campo da aprendizagem escolar, pode tornar efetivo o construtivismo genético através de duas maneiras: "interpretação construtivista em sentido restrito, a qual independe de interferências externas e a interpretação do desajuste ótimo".

A primeira, para ele, refere-se aos aspectos endógenos do processo de construção do conhecimento e, neste sentido, a atividade livre e espontânea do aluno consiste no único caminho para que o mesmo dirija a sua própria aprendizagem. No entanto, a aplicação prática pedagógica do princípio da atividade auto-estruturante tem sido difícil em função das poucas referências teóricas e das poucas situações concretas experimentadas.

A segunda maneira de tornar-se efetiva a aplicação dos pressupostos construtivistas, no campo da aprendizagem escolar, é através do *desajuste ótimo* que dá

ênfase ao aspecto interacionista do sujeito e ambiente. Para Coll (1987), se o objeto do conhecimento estiver demasiadamente distanciado das possibilidades de compreensão do aluno, não se produzirá desequilíbrio nos esquemas de assimilação, ou o desequilíbrio provocado será de uma magnitude tal que a mudança pode ficar bloqueada.

A aplicação prática do "desajuste ótimo" exige identificar previamente o nível de compreensão do aluno em relação ao objeto de conhecimento.

A teoria ausubeliana de ensino e aprendizagem enfatiza esse aspecto interacionista do *desajuste ótimo*. Baseada na gênese de uma estrutura cognitiva, através da assimilação de conceitos dependente de uma estrutura prévia de conhecimentos, a teoria ausubeliana de ensino propõe uma forma determinada de manipulação dessa estrutura segundo princípios programáticos e estratégias didáticas, capazes de facilitar a assimilação substantiva de novos conceitos, fundamental na construção de conhecimento utilizável.

Se eu tivesse que reduzir toda a Psicologia da Educação a um único princípio, eu formularia este: de todos os fatores que influenciam a aprendizagem, o mais importante consiste no que o aluno já sabe. Investigue-se isso e ensine-se ao aluno de uma forma conseqüente. (Ausubel, 1968, p.37-41)

A teoria ausubeliana de aprendizagem propõe duas formas de construção de estruturas cognitivas, *aprendizagem mecânica* e a *aprendizagem significativa*. Através da aprendizagem significativa, a estrutura cognitiva mantém-se organizada e os conceitos mais gerais mantêm-se em níveis mais inclusivos na estrutura, isto é, hierarquizados, constituindo sistemas de relações, facilitando a assimilação de conceitos novos de maneira também organizada, não aleatória. Esta forma de organização do arcabouço conceitual facilita a

utilização dos conceitos e relações na resolução de problemas em situações imprevisíveis. Para ele, a organização de conceitos na estrutura cognitiva, em diferentes níveis de inclusividade, dos mais gerais para os mais específicos, facilita a internalização de conceitos novos por tornar mais provável a ocorrência de abstrações de atributos comuns dos objetos ou de fenômenos e, conseqüentemente as generalizações e classificações, durante as interações do sujeito cognoscente e ambiente. Diferencia o tipo de aprendizagem a que se submetem os sujeitos, aprendizagem *significativa* ou *mecânica*, quanto a determinadas características da estruturação conceitual.

A aprendizagem mecânica se dá principalmente pela memorização de conceitos, informações ou proposições, de maneira aleatória. Na estrutura conceitual, construída através da aprendizagem mecânica, os conceitos mantêm-se soltos e não constituem sistemas de relações. Os significados que constituem classes, mantêm-se relacionados de maneira aleatória, permanecem em diferentes níveis de inclusividade na estrutura cognitiva dos sujeitos, instáveis e, portanto, menos utilizáveis. Por outro lado, na estrutura cognitiva, construída através da aprendizagem significativa, os conceitos apresentam-se em um grau adequado de inclusividade, hierarquizados, claros e estáveis e, portanto, mais disponíveis.

A respeito da organização do arcabouço conceitual dos aprendizes, Ausubel, citado por Novak (1981, p.9-10) coloca:

o armazenamento de informações no cérebro é altamente organizado, com articulações formadas entre vários elementos mais antigos e mais recentes conduzindo a uma hierarquia conceitual, na qual elementos menos importantes de conhecimento são ligados a conceitos maiores, mais gerais e mais inclusivos. Assim, a estrutura cognitiva apresenta um arcabouço de conceitos hierarquicamente organizados

que são as representações de experiências sensoriais da pessoa.

Para Joice & Weil, citado por Ronca (1976, p.61):

os conceitos assimilados de forma significativa na estrutura cognitiva dos estudantes transformam-se para o aluno em um sistema de processamento de informações, uma espécie de mapa conceitual que pode ser usado na resolução de problemas, na análise de textos.

Ausubel, Novak, Gowin e outros acreditam que a aprendizagem significativa se revela através do domínio de relações conceituais.

Vários são os estudos, já realizados com sucesso por vários pesquisadores, entre eles, Ausubel et al. (1984), e adeptos dos pressupostos da teoria de ensino e aprendizagem ausubeliana, como Mansini (1976), Moreira (1990), Gowin (1979, 1981) com o objetivo de identificar características da estrutura conceitual de estudantes, em determinadas áreas do conhecimento. Esses estudos têm confirmado as hipóteses ausubelianas sobre relações entre a organização da estrutura cognitiva e o tipo de aprendizagem a que se submetem os estudantes, permitindo criarem-se estratégias e métodos que facilitem a transformação conceitual através da aprendizagem significativa de conceitos científicos.

O uso de princípios programáticos e de estratégias didáticas, propostos por Ausubel, para facilitar a aprendizagem significativa, já foram, portanto, utilizados com sucesso por esses estudiosos, adeptos da teoria ausubeliana de ensino e aprendizagem e revelam que os conceitos são construídos a partir das interações do sujeito e ambiente, do qual a escola faz parte.

No nosso estudo, utilizamos os pressupostos vygotskyano sobre aquisição e evolução de conceitos, segundo os quais todo e qualquer conceito construído no mundo vivenciado pelos sujeitos é de natureza espontânea. Esses conceitos, os espontâneos, diferem dos conceitos de natureza predominantemente científica quanto à funcionalidade e quanto às suas relações com a experiência, desde que não são produzidos artificialmente através da metodologia científica.

Os conceitos espontâneos e científicos para Vygotsky (1991) evoluem a partir de interações diferentes e, portanto, devem evoluir por caminhos diferentes:

os conceitos científicos, com o seu sistema hierárquico de inter-relações, parecem constituir o meio no qual a consciência e o domínio se desenvolvem, sendo mais tarde transferidos a outros conceitos e a outras áreas do pensamento. A consciência reflexiva chega à criança através dos portais dos conhecimentos científicos. (Vygotsky, 1991, p.79)

Para nós, os conceitos espontâneos apresentam-se organizados na estrutura conceitual dos sujeitos com determinadas características devido a influências tanto do ambiente escolar como do cotidiano particular. Os conceitos espontâneos errôneos ou relações conceituais errôneas dos estudantes, utilizados nas explicações de fenômenos estão relacionados com determinados aspectos da interação da estrutura cognitiva e do ambiente particular, cotidiano. Entre os fatores exógenos do processo de aprendizagem escolar estão, por exemplo, os aspectos organizacionais dos conteúdos instrucionais disciplinares. Entre os fatores endógenos, estão as estruturas conceituais preexistentes em momentos que antecedem as novas interações dos sujeitos.

Dada a evidência de que os aspectos organizacionais do ambiente escolar podem influenciar os

estudantes de maneira diferente e particular, desde há muito, existe a preocupação com a implementação de programas de ensino na busca do conhecimento objetivo.

Bruner em 1976, expressou sua preocupação com a implementação de currículos da seguinte maneira:

Como construir currículos que podem ser ensinados por professores comuns a alunos comuns e que, ao mesmo tempo refletem claramente os princípios básicos ou subjacentes de vários campos de investigação. O problema é duplo: primeiro como reescrever os assuntos básicos e emendar os materiais de ensino, de tal maneira que as idéias difundidas e poderosas e as atitudes a elas relacionadas desempenhem os vários níveis destes materiais, em segundo lugar, como adequar os vários níveis destes materiais às capacidades de alunos de diferentes aptidões em diferentes graus na escola. (Bruner *apud* Ausubel et al., 1980, p.11)

Nessa citação, podemos notar a preocupação de Bruner, não só com a seleção e a organização do conteúdo a ser ensinado, como também com diferenças entre as estruturas cognitivas dos aprendizes, a quem se destinam conteúdos em vários níveis de dificuldade.

Gage (1964, p.268-9) mostrou preocupação quanto às relações entre o ensino e a aprendizagem escolar:

Enquanto que as teorias de aprendizagem lidam com os meios pelos quais o organismo aprende, as teorias educacionais se preocupam com a forma pela qual uma pessoa influencia um organismo a aprender (...) para satisfazer as necessidades práticas da educação, as teorias de aprendizagem devem ser apoiadas sobre a mente de modo a produzir teoria de ensino.

1.1.2 A aprendizagem significativa

A aprendizagem significativa é o processo de formação e assimilação de símbolos, conceitos ou proposições

de maneira ordenada, hierarquizada na estrutura cognitiva dos sujeitos cognoscentes.

Esse tipo de aprendizagem permite ao aprendiz relacionar com eficácia informações novas e potencialmente relevantes em informações inclusivas pertinentes, previamente internalizadas, ampliando e complexificando, assim, a totalidade da estrutura cognitiva.

O desenvolvimento cognitivo e a capacidade de resolução de problemas, segundo a teoria ausubeliana, é limitado pela quantidade e qualidade de conceitos e estruturas proposicionais da estrutura cognitiva dos sujeitos. A disponibilidade de tais conceitos e estruturas proposicionais constitui fator limitante da aprendizagem significativa de novos conceitos.

A teoria ausubeliana propõe três tipos de aprendizagem significativa: a) *a aprendizagem representacional ou de vocabulário*; b) *a aprendizagem conceitual*; c) *a aprendizagem proposicional*.

No nosso entender, Ausubel (1963, 1968) diferencia a ocorrência das categorias de aprendizagem significativa em função do grau de abstração necessário para a aquisição dos significados durante as interações do aprendiz e o material novo a ser incorporado na estrutura cognitiva. A aprendizagem de vocabulário, refere-se ao significado de palavras ou símbolos unitários e, para ocorrer, exige necessariamente uma relação equivalente de significados entre o símbolo arbitrário e seus correspondentes referentes.

Por outro lado, a aprendizagem conceitual é obtida através do conhecimento dos atributos essenciais comuns a uma classe de objetos, eventos, situações ou propriedades.

A teoria ausubeliana refere-se ao processo de desenvolvimento cognitivo como resultado da formação de conceitos, através da *descoberta* dos atributos essenciais, o que ocorre na experiência direta com o ambiente ou, então, como resultado da *assimilação* do conceito na estrutura conceitual, mediada pela linguagem verbal.

A aprendizagem proposicional ocorre quando o significado assimilado tem origem em vários conceitos agrupados conforme a semântica da linguagem. A estrutura proposicional é resultado da combinação de vários conceitos isolados que se relacionam entre si, cada uma representando uma unidade referencial.

Os dois primeiros tipos de aprendizagem acima descritos, representacional e conceitual, são considerados pré-requisitos da aprendizagem proposicional.

A aprendizagem significativa é determinante de uma estrutura conceitual organizada, hierárquica. Para ocorrer, as relações entre os conceitos presentes na estrutura cognitiva e as novas tarefas não podem ser arbitrárias. Os conceitos ou proposições novos devem apresentar significados relevantes para os já existentes, permitindo assim a relação entre significados. Esse pressuposto para o processo de aquisição de conhecimento necessariamente implica que os elementos verbais tenham alguns critérios essenciais em comum.

Essa relação de pertinência entre conceitos só ocorre se o sujeito dispuser de conceitos relacionáveis ao material novo.

Ausubel et al. (1980,p.37-8), referindo-se à aprendizagem escolar, chamam atenção para o fato de que:

se o material for suficientemente não arbitrário, permitirá que um símbolo ou grupo de símbolos ideacionalmente equivalentes se relacionem à estrutura cognitiva sem qualquer alteração resultante



do significado. Em outras palavras, a aprendizagem significativa ou a aprendizagem emergente não está condicionada ao uso "exclusivo" de signos "particulares", ou quaisquer outras representações particulares; o mesmo conceito ou proposição pode ser expresso através de uma linguagem sinônima que vai remeter exatamente ao mesmo significado.

Ausubel (1980) afirma ainda, que as características da estruturação cognitiva são dependentes do tipo de assimilação do novo conceito ou proposição à estrutura conceitual preexistente. Considera que a assimilação do novo material, tanto pode ocorrer de maneira *subordinativa* (derivativa e correlacional), como *superordenada* e ainda, *combinatória*.

- *Subordinativa*

Esse tipo de aprendizagem ocorre quando há assimilação de conceitos ou proposições novos na estrutura cognitiva relacionados a uma idéia ou conceito preexistente que ocupam um nível de inclusividade maior na estrutura cognitiva, ou seja, apresentam um nível maior de generalidade. Nesse tipo de aprendizagem, o novo conceito assimilado, embora relacionado a um ou mais conceitos preexistentes, não os altera.

A teoria ausubeliana propõe duas formas de assimilação do tipo subordinativa: a) *derivativa*; b) *correlativa*.

A assimilação subordinada *derivativa*, caracteriza-se pelo fato de o conceito novo ficar subordinado a um conceito mais geral e mais inclusivo sem, porém, modificar o seu significado. O novo conceito, uma vez assimilado, ocupa um nível menor de inclusividade ao lado de outros conceitos e fica relacionado diretamente ao conceito mais inclusivo através de atributos comuns porém, com significado distinto do já

existente, apesar de fazer parte daquela categoria de significados.

Na assimilação de um conceito novo a outro existente na estrutura do aprendiz, de maneira *correlativa*, a idéia ou conceito existente tem o seu significado transformado e ampliado. Um novo atributo passa a fazer parte do conceito anterior, preexistente, a partir da nova assimilação. Nesse caso o conceito novo funciona com mais um atributo, complexificando o conhecimento anterior.

- *Superordenada*

Esta categoria de aprendizagem caracteriza-se pela construção de um conceito através do raciocínio indutivo. A relação entre vários significados isolados pode levar o aprendiz a criar uma classe nova de significados. Tal tipo de aprendizagem ocorre, por exemplo, quando um mediador seleciona e demonstra os atributos comuns dos objetos permitindo-lhes significados que possam ser agrupados como numa nova classe.

- *Combinatória*

A aprendizagem significativa combinatória ocorre através de relações entre idéias, sem que tenham necessariamente atributos comuns, suficientemente capazes de transformar um conceito ou idéia já existente, ou criar conceitos novos na estrutura cognitiva. Ausubel acredita que conceitos ou idéias novos possam ser relacionados a outros preexistentes, em nível bastante amplo de generalidade, através do que chamou combinação.

De acordo com a teoria ausubeliana é o grau de generalidade de um conceito ou idéia preexistente na estrutura cognitiva e a presença de atributos comuns entre o novo e o(s) já existente(s) que explicam os vários tipos de assimilação de conceitos novos.

Os atributos dos objetos, que geram significados, são assimilados através da aprendizagem por *descoberta* (durante a interação direta do sujeito cognoscente com os objetos), ou na aprendizagem, por *recepção* (durante a interação do sujeito cognoscente com o ambiente social, em que a linguagem se faz instrumento de mediação).

A aprendizagem por *recepção* (através da linguagem) e por *descoberta* (através da ação) são contíguas. Ambos são considerados instrumentos mediadores da aprendizagem (significativa ou mecânica). O que diferencia os tipos de aprendizagem é o tipo de interação da estrutura cognitiva preexistente e o material novo. É a relação de pertinência entre significados, idéias e conceitos, no processo de interação, determina o tipo de aprendizagem e, conseqüentemente, as características da estrutura cognitiva resultante. Assim, quando a relação de pertinência está presente na interação da estrutura cognitiva do aprendiz e o material novo a aprendizagem significativa é facilitada. Por outro lado, se a relação entre os conceitos novos preexistentes é aleatória, a aprendizagem que ocorre é decorativa, *mecânica*, dependente apenas da memória. Os conceitos não se mantêm organizados na estrutura cognitiva do aprendiz. As relações entre os conceitos, neste caso, independem de atributos comuns.

Ausubel (1968) atribui um papel fundamental ao aspecto interacionista na evolução conceitual e atribui à linguagem verbal, entendida como instrumento de comunicação,

papel mediador importante no processo de aquisição de conhecimentos.

Outros fatores como a atenção e a disposição positiva do aprendiz foram considerados por ele como fatores internos e influenciadores da aprendizagem. Também a habilidade de comunicação verbal do professor foi, da mesma forma, considerada um fator do ambiente de aprendizagem que pode interferir na aprendizagem. Tais fatores são, no nosso entender, inerentes a todo processo de interação dos sujeitos e o meio. Há dificuldade para o registro de tais variáveis, nos vários contextos de interação do sujeito, o que inviabiliza a sua utilização em análises de interferências na aprendizagem.

1.1.2.1 Princípios e estratégias de ensino facilitadores da aprendizagem significativa

Para Ausubel (1968) e seguidores, aprendizagem significativa é facilitada ao máximo quando é possível ao aluno manipular e fazer transferência do conteúdo e da organização das experiências de aprendizagem antecedentes, num campo particular do conhecimento.

A possibilidade de transferência de conhecimentos é função de determinadas características da estrutura cognitiva dos sujeitos. Tais características cognitivas estruturais, identificadas através da utilização de conceitos e relações nas interações com o ambiente social, podem indicar, no ambiente escolar, por exemplo, estratégias didáticas potencialmente capazes de transformar significativamente conceitos e idéias errôneas.

Para Ausubel (1978, p.178) “a manipulação deliberada dos atributos relevantes da estrutura cognitiva para fins pedagógicos não deveria transformar-se em dificuldade extraordinária”. Sugere que tal manipulação pode ser conseguida de duas maneiras:

- *substantivamente*, utilizando para fins organizacionais e integrativos os conceitos e proposições unificadores de uma determinada disciplina que tem maior poder explicativo, inclusividade, possibilidade de generalização e possibilidade de relacionamento com o conteúdo da disciplina.

Os conceitos e proposições unificadores de uma disciplina aos que se refere foram denominados *conceitos chaves de um corpo de conhecimentos* e participam das relações de sintaxe na estrutura do conhecimento.

Johnson (1980, p.22-3) referiu-se a esse aspecto de seleção de conteúdos disciplinares de *fundamentais e críticos* ao atribuir a eles a “capacidade de suscitar processos de pensamento e modos de investigação que lhes são próprios.

- *programaticamente* ao empregar na programação princípios convenientes à ordenação da seqüência do conteúdo a ser ensinado, os quais constróem a sua lógica e organização interna e preparar a experiência prática.

Ausubel (1968) propõe a utilização de dois princípios programáticos facilitadores da aprendizagem significativa a saber: *Princípio da Diferenciação Progressiva*; *Princípio da Reconciliação Integrativa*.

Princípio programático da Diferenciação Progressiva

Este princípio fundamenta-se na natureza da estrutura cognitiva do sujeito cognoscente proposta na teoria de aprendizagem ausubeliana.

A hierarquização de conceitos, idéias e proposições na estrutura cognitiva, ocorre em função do grau crescente de generalidade dos significados, conceitos e idéias, adquirido nas interações com o ambiente, ao longo da vida.

Para facilitar a aquisição de conteúdos novos de maneira substantiva, significativa, propõe a apresentação do material de maneira hierarquizada, segundo o nível maior de inclusividade, para aumentar assim a possibilidade de convergência entre as idéias e conceitos preexistentes na estrutura conceitual dos estudantes e os do novo material.

Este *isomorfismo estrutural sintático* (termo nosso), entre conhecimentos de naturezas diferentes, científicos e espontâneos, decorrente do tipo de aprendizagem a que se submetem os aprendizes, constitui a característica organizacional básica do processo de interação facilitadora da aprendizagem significativa, segundo a teoria ausubeliana de aprendizagem e ensino.

Dois são os pressupostos da teoria ausubeliana nos quais se fundamenta o *Princípio da Diferenciação Progressiva*:

(1) Num indivíduo, a organização do conteúdo de uma disciplina particular consiste em uma estrutura hierárquica na sua própria mente. As idéias mais inclusivas ocupam uma posição no topo desta estrutura e abrangem proposições, conceitos e dados factuais progressivamente menos inclusivos e mais diferenciados.

(2) para os seres humanos é mais fácil compreender os aspectos diferenciados de um todo previamente aprendido que formular o todo a partir de suas partes diferenciadas previamente aprendidas. (Ausubel et al., 1980, p.159)

No processo da interação entre a estrutura conceitual do aprendiz e o ambiente, a assimilação do *novo* material depende da capacidade de percepção dos sujeitos quanto às semelhanças e diferenças entre os atributos dos materiais novos e daqueles já conceituados. Os atributos de materiais novos nem sempre são perceptíveis aos sentidos humanos. Nesse caso, o papel da linguagem verbal, na comunicação de conceitos artificiais, criados cientificamente a partir de metodologias específicas, é de fundamental importância, enquanto instrumento mediador da assimilação e transformação do conhecimento particular e espontâneo dos sujeitos.

Ausubel (1968) refere-se aos conceitos, idéias e proposições, adquiridas através da linguagem verbal, denominando-os *secundários*, para diferenciá-los daqueles adquiridos nas interações diretas do aprendiz e os objetos, denominados *primários*. Acredita que, na fase escolar, os conceitos aprendidos são predominantemente do tipo secundários, apresentados verbalmente aos aprendizes.

Os conceitos científicos, chamados por Ausubel *conceitos de ordem superior*, podem ser assimilados através da linguagem verbal e constituem sentenças que explicitam princípios, generalizações e teorias. As características sintáticas do conhecimento científico, transmitidas pela linguagem, podem permitir que, no processo de aquisição do conhecimento do aprendiz, quando houver convergência de significados, ele apresente uma visão clara, acabada e sistemática de um problema ou de fenômenos.

Para Ausubel, a aprendizagem que ocorre através da linguagem verbal de material que explicita um princípio ou

uma teoria, portanto, em nível bastante amplo de generalidade, resulta no significado de uma nova estrutura no sentido de que:

(1) a estrutura proposicional, propriamente dita, é o resultado da combinação de várias palavras isoladas que se relacionam entre si, cada uma representando uma unidade referencial; (2) as palavras isoladas combinam-se de tal forma que compõem um todo (em geral, a nova estrutura resultante é mais do que a simples soma das partes). (Ausubel et al., 1980, p.40)

Princípio programático de Reconciliação Integradora

Consiste na manipulação de conceitos e relações conceituais presentes na estrutura cognitiva dos aprendizes, com a finalidade de tornar o novo material a ser aprendido potencialmente significativo, aumentando a convergência entre os significados presentes na estrutura cognitiva do aprendiz e aqueles a serem assimilados.

Esse princípio é fundamentado na pressuposição de que a clareza, a disponibilidade de conceitos e relações conceituais em níveis de generalidade adequados sejam determinantes da aprendizagem significativa. O uso, pois, desse princípio, durante o processo de aprendizagem, se faz importante.

A utilização desse princípio, no ambiente escolar, requer a identificação do conhecimento dos estudantes, em momento prévio ao da implementação de programas de ensino e ainda, uma relação dialógica entre professor e alunos através, por exemplo, de aulas participativas, em que os alunos, como agentes ativos, explicitam suas características estruturais cognitivas. Da mesma forma, a produção de materiais instrucionais deve ser baseada nas "inconsistências aparentes" do conhecimento dos estudantes, que se quer transformar.



Faria (1989) coloca a importância da utilização desse princípio da teoria ausubeliana para o processo de ensino e aprendizagem, referindo-se à discriminabilidade entre as idéias já estabelecidas e as novas idéias a serem aprendidas significativamente:

Havendo uma certa analogia entre idéias adquiridas e o novo material a ser internalizado, decorre a exigência de que o professor oriente a atividade de discriminação, para que sejam distingüidas as diferenças e semelhanças entre esses dois conjuntos de idéias já estabelecidas e as novas. (Faria, 1989, p.31)

O resultado da atividade de reconciliação integrativa "é a reorganização da estrutura cognitiva do aluno, pela adição de novos elementos e modificação de conceitos e proposições anteriormente aprendidos" (Faria, 1989, p.32).

A manipulação da estrutura conceitual dos estudantes, bem como de determinadas variáveis do material que se quer ensinar, sem o conhecimento e o domínio de possíveis relações previamente estabelecidas entre elas, torna-se arbitrária, casual e ineficiente para a facilitação da aprendizagem.

Organizadores prévios, uma estratégia

Os *organizadores prévios*, chamados por Ausubel (1968) material introdutório, consistem em conceitos e proposições em nível bastante abrangente de generalidade, os quais apresentam alguns atributos comuns àqueles conceitos e proposições conhecidos dos alunos. O seu emprego deve servir para facilitar a compreensão de um corpo de conhecimentos, permitindo ao estudante a inclusão de parte do seu

conhecimento em um novo ainda não aprendido em suas especificidades.

A utilização dessa estratégia permite que o estudante coloque em disponibilidade cognitiva conceitos de grande nível de generalidade, previamente construídos, favorece comparações entre conceitos prévios e os novos por evidenciar semelhanças e diferenças entre eles. Esse tipo de interações de significados, realizado através dos organizadores prévios, predispõe o aprendiz à aprendizagem significativa por aumentar as possibilidades (de forma não aleatória) de assimilação através de atributos comuns entre conceitos.

Os organizadores prévios não constituem resumos ou esquemas do material novo a ser aprendido. Tal tipo de material instrucional constitui-se de elementos já parcialmente conhecidos, vivenciados pelo aprendiz e devem funcionar como *elos de ligações* entre significados.

Ausubel et al. (1980,p.144) utilizou os seguintes argumentos para a proposta de utilização dessa estratégia didática:

- (1) A importância de ter idéias pertinentes e adequadas de certa forma, já disponíveis na estrutura cognitiva, para atribuir significado lógico às idéias novas que o tenham apenas potencialmente, assim, como para oferecer-lhes um esteio estável.
- (2) As vantagens de usar as idéias mais gerais e inclusivas de uma disciplina como idéias de esteio ou subordinadores (a saber, a adequação e especificidade de sua relevância, da sua maior estabilidade inerente, seu maior poder explanatório e sua capacidade de integração).
- (3) O fato de que eles próprios tentam identificar um conteúdo relevante já existente na estrutura cognitiva (a ser explicitamente relacionado com ele), como indicar explicitamente a relevância para o novo material de aprendizagem.

Outros recursos facilitadores da aprendizagem significativa

Além dessa estratégia didática considerada principal, os *organizadores prévios*, Ausubel dá ênfase a determinados fatores do ambiente de aprendizagem que podem interferir na aquisição de conhecimentos.

Alguns desses fatores estão relacionados com materiais escritos, como por exemplo, aqueles elaborados pelo professor (mapas conceituais, guias e questões de estudo) ou indicados pelo professor, como os livros didáticos.

Os livros didáticos normalmente não apresentam os conteúdos instrucionais organizados de forma hierárquica, segundo o nível maior de inclusividade e generalidade e podem constituir portanto, um fator de dificuldade para a compreensão e aprendizagem.

Os guias e questões de estudo podem orientar os estudantes na escolha de materiais instrucionais, potencialmente significativos, contribuindo assim para a aquisição de conhecimentos de forma significativa.

Os mapas conceituais vêm sendo considerados por vários estudiosos adeptos da teoria ausubeliana como Novak (1989), Feltovich & Glaser (1981), Helm & Novak (1983), entre outros, instrumentos úteis, tanto para professores e pesquisadores identificarem a estrutura conceitual dos estudantes, como para ajudarem os estudantes na "correção" de erros conceituais. Esse instrumento explicita o princípio lógico da organização conceitual científica.

Ausubel (1968) inclui também no processo de aprendizagem, fatores como a *atenção*, a *disposição positiva* para a aprendizagem e a *habilidade de comunicação verbal* durante a aula expositiva. Tais fatores são, no nosso entender, inerentes ao processo de interação dos sujeitos cognoscentes e todo ambiente de aprendizagem com o qual interagem os

estudantes. A dificuldade em registrá-los nos vários contextos de aprendizagem, inviabiliza a utilização dos mesmos para fins de análise específica de suas interferências na aprendizagem significativa e, ao mesmo tempo, não são objeto do presente estudo.

1.2 O corpo de conhecimentos e os conceitos *chaves* selecionados para estudo na pesquisa e na articulação dos conteúdos instrucionais da disciplina Fisiologia Geral

O campo de estudo denominado Fisiologia Animal desenvolveu-se a partir de investigações isoladas e específicas de determinadas funções orgânicas mas, hoje, procura mostrar que, no conjunto, essas funções são dependentes e levam os organismos a uma integração em nível de populações e comunidades. Em função disso, não tem sentido estudar o funcionamento do organismo vivo sem conhecer todas as condições externas que podem predispor-lo a um determinado tipo de reação, a um comportamento social, ou a uma situação de tensão que dependem de fatores internos (genéticos ou adquiridos) e ambientais.

Um estudo sobre o funcionamento orgânico que possibilite a compreensão sobre a gênese dos fenômenos biológicos no contexto das relações orgânicas e das variações ambientais, exige pesquisa e interpretação dos fenômenos em nível local, celular, e em nível geral, sistêmico, e das suas relações causais.

O organismo vivo como um todo mantém-se num determinado estado funcional, dinâmico, como sistema aberto que é, estabelecendo múltiplos mecanismos de controle, tanto



em nível local, como geral, condição que o mantém em funcionamento homeostático. Cada sistema orgânico desempenha uma função específica intrinsecamente relacionada à função de cada um dos outros sistemas.

Os fenômenos biológicos são extremamente dinâmicos e complexos, dependentes de determinadas variáveis ambientais e do próprio estado funcional criado em função dessas variações. Interpretá-los implica conhecer as propriedades físico-químicas e morfofuncionais da matéria viva, bem como suas relações com as variações dos ambientes interno e externo, de mesma natureza.

A natureza concebida para todo e qualquer tipo de matéria existente no Universo estudado, viva ou bruta, é física e/ou química e, conseqüentemente, as explicações para os fenômenos cuja gênese está nas interações dos diversos tipos de matéria, devem ser calcadas nessas propriedades.

Segundo Vander et al. (1980, p.11):

explicar um fenômeno exige sua redução a uma seqüência de acontecimentos físico-químicos. Este é o significado científico de causalidade, da palavra "porque".

Concordamos com esse autores quando afirmam também que, em qualquer organismo multicelular, como o do homem, os reguladores extracelulares básicos permanecem, mas a existência de uma multidão de diferentes células organizadas em tecidos e órgãos especializados obviamente impõe a necessidade de mecanismos regulatórios globais.

No estudo do funcionamento do organismo humano, entre as dificuldades de observação e análise dos fenômenos biológicos estão a complexidade morfofuncional da matéria, a ineficiência dos instrumentos e técnicas disponíveis e, ainda, o domínio conceitual do observador.

Os conhecimentos na área das Ciências Biológicas, embora estejam evoluindo rapidamente, são insuficientes para a compreensão de muitas das formas de funcionamento. As investigações nesta área do conhecimento humano são bastante recentes.

Segundo Waddington (1979, p.117):

em muitos aspectos, embora não em todos os sistemas biológicos, o método científico produziu maior soma de conhecimentos nos últimos séculos e em especial nos últimos cinquenta anos do que em todos os milênios durante os quais o homem viveu com o seu corpo sem tentar compreendê-lo.

Entre as dificuldades de evolução rápida do conhecimento na área das Ciências Fisiológicas está a impossibilidade de observação direta do funcionamento da matéria viva devido a sua natureza.

As variações do ambiente são traduzidas pelo organismo vivo em sinais ou variações de mesma natureza. Tais variações são capazes de produzir respostas específicas e integradas nos diversos níveis de complexidade dos sistemas orgânicos.

Entre as respostas do organismo humano a determinadas variações ambientais, aquelas que se manifestam e são passíveis de serem observadas no ambiente de vida cotidiana, dificilmente refletem formas particulares de funcionamento de órgãos e sistemas. As respostas orgânicas são decorrentes de integração de processos e fenômenos em nível molecular de estruturas.

O estudo na área da Fisiologia humana, realizado por alunos de um Curso de Fonoaudiologia, deve ter por finalidade substanciar o entendimento de fenômenos e processos envolvidos em vários comportamentos básicos da sobrevivência

do ser humano. Entre eles, o mais inerente à natureza humana, o da comunicação através da linguagem oral, gestual ou escrita.

A comunicação humana é entendida como comportamento de origem psicofisiológica, produto do processamento de informações, originadas nos ambientes biológico, físico e social e, em função de sua natureza, deve ser investigada nos três contextos.

Segundo Amorim (1980, p.54):

não é possível estudar Fonoaudiologia sem utilizar informações da Física, da Biologia, da Sociologia, Filosofia e outras mais Interessa à Fonoaudiologia o estudo anatomofisiológico do homem, feito pela Biologia, principalmente no que se refere à fonação e audição e processos neurofisiológicos da comunicação oral e escrita. O valor da Biologia é básico para a Fonoaudiologia em seu aspecto fisiológico e anatômico.

Para o entendimento do funcionamento do organismo faz-se necessário o domínio de conceitos sobre fenômenos transmembrana os quais constituem os mecanismos propriamente ditos de funcionamento e controle orgânicos. Tais fenômenos se traduzem na recepção de estímulos ambientais (externo e interno) e na produção de respostas orgânicas. Esses fenômenos possibilitam também as interações internas dos órgãos e sistemas durante as variações do meio interno produzindo respostas tanto em nível local como sistêmico.

Os conceitos sobre os fenômenos: *permeabilidade celular, transporte de substâncias químicas através da membrana e potencial de ação celular*, foram denominados *chaves* por constituírem propriedades funcionais propriamente ditas dos organismos vivos pluricelulares.

É nas interações das membranas plasmáticas e líquidos orgânicos que esses fenômenos biológicos são desencadeados e geram formas de funcionamento e controle



orgânicos. Por outro lado, a resposta funcional específica de um sistema constitui variação interna, capaz de alterar o funcionamento orgânico em nível local e geral e, neste caso, pode produzir novas respostas sistêmicas de forma integrada.

O meio interno constitui um dos sistemas integradores do funcionamento orgânico ao lado do sistema nervoso e do muscular. Banhando as unidades funcionais, as células, organizadas em diferentes tecidos, órgãos e sistemas, permitem que as variações produzidas em nível celular sejam transmitidas para todos os outros níveis da organização morfofuncional.

O sistema nervoso participa topograficamente de todos os níveis de complexidade morfofuncional e funcionalmente integra as variações físico-químicas que ocorrem nos ambientes externo e interno, eliciando respostas específicas em órgãos e sistemas.

Os sistemas musculares, liso e cardíaco, como o sistema nervoso participam topograficamente de quase todos os níveis de complexidade morfofuncional e, em função das suas características funcionais e topográficas, participam do funcionamento específico da maioria dos sistemas orgânicos, refletindo as variações do ambiente interno no funcionamento de órgãos e sistemas.

A complexidade das respostas orgânicas é dependente de especificidades estruturais (natureza e organização morfológica da matéria viva) e da natureza das interações das estruturas e os ambientes interno e externo.

Um estudo sobre funcionamento orgânico que possibilite compreender a homeostasia orgânica, frente às variações dos ambientes interno e externo, requer o entendimento sobre a gênese dos fenômenos transmembrana,



geradores potenciais de respostas orgânicas nos diferentes níveis de complexidade morfofuncional.

A Figura 1 da página 46 mostra o mapa conceitual do corpo de conhecimentos, selecionado para investigação na pesquisa, constituído de duas estruturas de conceitos organizados hierarquicamente segundo o maior nível de generalidade. A figura indica a sintaxe e a natureza do conhecimento que selecionamos para análise na pesquisa. As estruturas conceituais e suas relações internas, e com a natureza do ambiente fazem parte também a estrutura substancial e sintática da disciplina Fisiologia Geral.

O traço pontilhado da figura indica a relação entre conceitos pertinentes de acordo com as propriedades funcionais e as propriedades físico-químicas da matéria, no campo de estudo da Fisiologia.

A concepção sobre organismo vivo que deve subsidiar a compreensão do funcionamento e controle orgânicos é a de que o organismo humano comporta-se como um sistema aberto cujas propriedades funcionais são geradas nos diferentes níveis de complexidade morfofuncional, durante as interações do organismo. Por outro lado, a natureza concebida para o organismo humano exige que as investigações à respeito sejam realizadas levando-se em conta as estruturas físicas e químicas as quais, durante interações com o meio geram formas de funcionamento. As relações entre a estrutura, o funcionamento e os métodos de observação e análise devem constituir a estrutura sintática da referida disciplina Fisiologia Geral do currículo do Curso de Fonoaudiologia.

De acordo com Schwab (1973, p.6), "são as relações de articulação entre as diversas disciplinas de um currículo, explicitadas através da estrutura substancial e

sintática de cada uma delas, que refletem o conhecimento que produzem”.

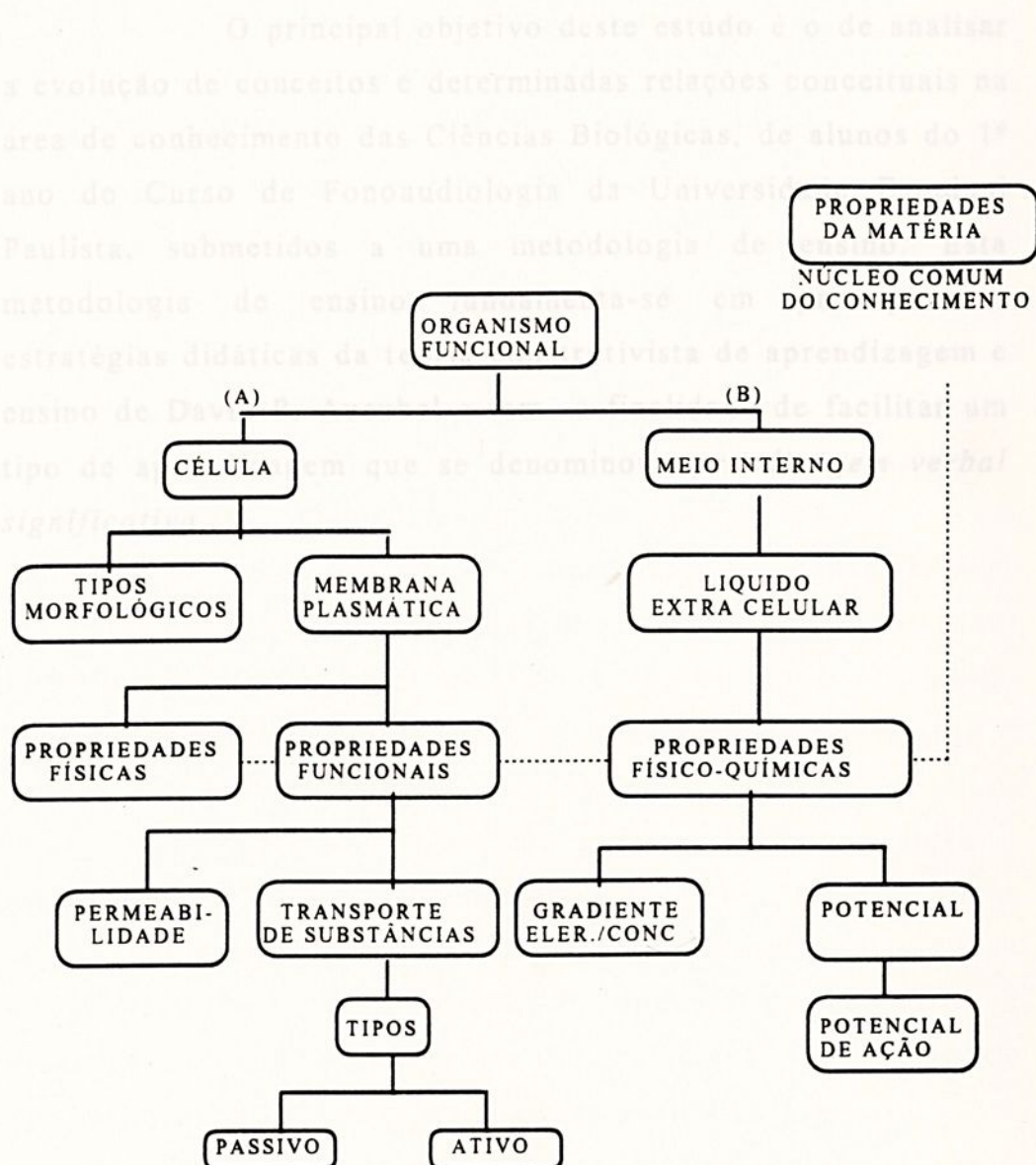


FIGURA 1 - Mapa das estruturas conceituais *chaves* no campo de estudo das Ciências Biológicas, consideradas no presente trabalho como indispensáveis à aprendizagem significativa, na área da Fisiologia humana. A letra (A) indica a estrutura sintática dos conceitos de *permeabilidade celular* e *transporte de substâncias químicas*. A letra (B) indica a estrutura sintática do conceito de *potencial de ação celular*.

2 OBJETIVO DA PESQUISA

O principal objetivo deste estudo é o de analisar a evolução de conceitos e determinadas relações conceituais na área de conhecimento das Ciências Biológicas, de alunos do 1º ano do Curso de Fonoaudiologia da Universidade Estadual Paulista, submetidos a uma metodologia de ensino. Esta metodologia de ensino fundamenta-se em princípios e estratégias didáticas da teoria construtivista de aprendizagem e ensino de David P. Ausubel e tem a finalidade de facilitar um tipo de aprendizagem que se denominou *aprendizagem verbal significativa*.

Para a análise das possíveis relações entre o conhecimento dos estudantes e as características organizacionais do ambiente de aprendizagem escolar fizeram-se necessárias: a. a identificação do domínio de conceitos e relações conceituais dos estudantes, relacionado ao corpo de conhecimentos que selecionamos para análise na pesquisa, antes e após a implementação de uma proposta metodológica para o ensino na disciplina Fisiologia Geral a qual teve por objetivo a facilitação da aprendizagem significativa dos estudantes do curso; b. análise dos aspectos organizacionais (seleção, hierarquização e sintaxe) do conteúdo instrucional de dois dos livros-texto, possivelmente utilizados pelos estudantes em nível de segundo grau; c. análise dos aspectos organizacionais do programa de ensino da disciplina Fisiologia Geral (seleção,

3 METODOLOGIA DA PESQUISA

O estudo da evolução conceitual, na área das Ciências Biológicas, realizou-se através da análise de possíveis relações entre a estrutura conceitual comum à maioria dos estudantes, identificada antes e após a implementação da proposta metodológica de ensino na disciplina Fisiologia Geral e a sintaxe do conhecimento formal na área das Ciências Biológicas com o qual interagiram em nível de segundo e terceiro grau de escolaridade.

O conhecimento científico é sistematizado e explicitado no ambiente de aprendizagem escolar, com determinadas características organizacionais de sintaxe, através da implementação de programas de ensino e dos livros-texto didáticos, utilizados para este fim. Tais características, segundo Ausubel e seguidores, influenciam o processo de construção e transformação conceitual dos estudantes.

Para a análise das possíveis relações entre o conhecimento dos estudantes e as características organizacionais do ambiente de aprendizagem escolar fizeram-se necessárias: a. a identificação do domínio de conceitos e relações conceituais dos estudantes, relacionado ao corpo de conhecimentos que selecionamos para análise na pesquisa, antes e após a implementação de uma proposta metodológica para o ensino na disciplina Fisiologia Geral a qual teve por objetivo a facilitação da aprendizagem significativa dos estudantes do curso; b. análise dos aspectos organizacionais (seleção, hierarquização e sintaxe) do conteúdo instrucional de dois dos livros-texto, possivelmente utilizados pelos estudantes em nível de segundo grau; c. análise dos aspectos organizacionais do programa de ensino da disciplina Fisiologia Geral (seleção,

hierarquização, sintaxe e processo de implementação), potencialmente facilitadores da transformação e evolução do conhecimento dos estudantes na área das Ciências Biológicas.

Os resultados de aprendizagem, efetivamente obtidos durante a implementação da proposta metodológica da disciplina Fisiologia Geral, foram também utilizados na análise das possíveis relações entre a sintaxe do conhecimento dos estudantes e a dos aspectos organizacionais dos conteúdos instrucionais do ambiente de aprendizagem escolar.

A proposta metodológica de ensino foi elaborada e implementada considerando-se: *o conhecimento dos estudantes, a natureza sintática do conhecimento nesta área de estudo, princípios e estratégias de ensino de D. Ausubel consonantes com os pressupostos construtivistas do conhecimento humano, facilitadores da aprendizagem significativa, a estrutura curricular vigente do Curso de Fonoaudiologia e os recursos materiais disponíveis no ambiente de aprendizagem.*

3.1 A proposta metodológica de ensino da disciplina Fisiologia Geral

A natureza constitui um todo unitário, regido por leis universais. A incapacidade humana de aprender em conjunto essa realidade, obrigou-nos a sistematizá-la, pois só assim nos é dado conhecê-la melhor. A divisão das Ciências particulares da natureza não responde senão às limitações humanas e de modo algum à natureza do objeto a ser conhecido. Em outras palavras, é por sermos incapazes, como homens, de abraçar em extensão e profundidade, o campo total da natureza, que criamos e continuamos a criar uma multiplicidade de ciências que nos possibilitam conhecê-la melhor. Essas divisões, contudo, não derivam de uma experiência "ôntica", de

uma exigência do objeto, ou seja, da própria natureza. (Marquez *apud* Wachowicz, 1989, p.20)

A proposta metodológica elaborada para o ensino na disciplina Fisiologia Geral do Curso de Fonoaudiologia da UNESP, Câmpus de Marília, fundamentou-se nos pressupostos construtivistas do conhecimento humano. De acordo com esses pressupostos, a realidade na qual vivem os seres humanos é produzida por eles próprios ao mesmo tempo que se autoproduzem.

No processo de ensino e aprendizagem escolar do saber artificial, produzido por metodologias específicas, muitas variáveis se fazem presentes. Entre elas, o conhecimento que o aluno traz para a escola.

A manipulação deliberada do conhecimento dos estudantes promovendo sua articulação sintática com os conteúdos a serem ensinados, constitui para nós o verdadeiro método potencialmente capaz de facilitar a transformação de conhecimentos de natureza espontânea em conhecimentos utilizáveis de sintaxe correspondente àquela do conhecimento formal, aceito na comunidade científica.

Consideramos os seguintes fatores nos processos de seleção, hierarquização e implementação dos conteúdos instrucionais da disciplina Fisiologia Geral: *o conhecimento prévio dos estudantes; a estrutura substancial e sintática do conhecimento na área de estudo das Ciências Biológicas, a articulação dos conteúdos da disciplina com as demais disciplinas da estrutura curricular do Curso de Fonoaudiologia; princípios e estratégias de ensino da teoria de aprendizagem e ensino de David P. Ausubel, facilitadores da aprendizagem significativa, consonantes com os pressupostos construtivistas do conhecimento humano.*



A Figura 2, da página 59, indica os fatores considerados na elaboração e implementação do programa de ensino da disciplina Fisiologia Geral.

O processo de implementação da proposta metodológica só foi possível após a análise à respeito das possíveis relações entre a estrutura conceitual que identificamos ser comum à maioria dos estudantes, em seus aspectos estruturais e funcionais, e da análise das variáveis do ambiente de aprendizagem com o qual os estudantes interagiram em nível de segundo grau.

O grande desafio do método de ensino que utilizamos esteve, desde o início do processo, em mediar a apropriação do conhecimento de natureza científica, tornando-o significativo e utilizável pelos estudantes.

Para vencer o desafio, elaboramos uma proposta metodológica com os objetivos de transformar o conhecimento espontâneo errôneo que havíamos identificado na maioria dos estudantes e o de facilitar o processo de construção de significados, identificados como ausentes, em suas estruturas conceituais para promover a transformação necessária do sistema de significados considerados *chaves* sem o que a assimilação significativa de novos significados fica dificultada.

O nosso pressuposto era o de que, estando presentes no arcabouço conceitual dos estudantes, aqueles significados mais inclusivos, de maior grau de generalidade, a aprendizagem significativa de conteúdos novos seria facilitada e, desta forma, estariam elevados seus níveis superiores de desenvolvimento cognitivo.

A nossa avaliação a respeito da proposta metodológica para o ensino na disciplina Fisiologia Geral baseou-se nos resultados de aprendizagem, efetivamente obtidos



através das avaliações sistemáticas da disciplina, elaboradas com base na teoria ausubeliana de aprendizagem significativa e, ainda, na análise da evolução conceitual dos estudantes, realizada através deste estudo.

3.1.1 A organização dos conteúdos instrucionais da disciplina Fisiologia Geral

O mapa conceitual da Figura 3 da página 60 indica a forma de organização dos conteúdos instrucionais da disciplina Fisiologia Geral.

O programa de ensino, Anexo D, explicita, mais detalhadamente, a seleção e a seqüenciação dos conteúdos instrucionais que utilizamos.

Essa forma de seleção e organização dos conteúdos instrucionais privilegia o estudo de fenômenos biológicos de ocorrência generalizada no organismo vivo.

Os mecanismos gerais de funcionamento e controle, denominados *neurogênicos*, *miogênicos* e *humorais*, relacionam-se com os fenômenos selecionados como objeto de análise na pesquisa por constituírem formas gerais de funcionamento e controle orgânicos, das quais participam os fenômenos transmembrana (permeabilidade celular, transporte de substâncias através das membranas celulares e potencial de ação celular). A gênese dos mecanismos fisiológicos gerais está na integração de processos e fenômenos, entre eles, os transmembrana.

Acreditamos que a seleção de conteúdos, de acordo com a sintaxe do conhecimento científico na área da Fisiologia Humana e de acordo com a sintaxe do conhecimento



que identificamos nos estudantes, possa facilitar a convergência de significados de naturezas diferentes, científicos e espontâneos, a qual acreditamos ser necessária para o entendimento e para a apropriação de um saber elaborado.

O programa de ensino da disciplina privilegia, na hierarquia de apresentação, conteúdos instrucionais que tratam de assuntos referentes às estruturas de conceitos *chaves* investigados na pesquisa, *célula e meio interno*, e consideradas pré-requisitos para a aprendizagem significativa dos conceitos sobre formas gerais e específicas de funcionamento e controle orgânico.

Conforme mostrado no programa de ensino em anexo, as primeiras unidades de conteúdos instrucionais, implementadas na disciplina Fisiologia, contemplam assuntos pertinentes ao conceito sobre organismo vivo, do ponto de vista funcional, identificado como errôneo na estrutura conceitual dos estudantes, e aos conceitos sobre meio interno e fenômenos transmembrana, também identificados como ausentes e errôneos respectivamente na estrutura conceitual dos estudantes.

A hierarquização dos conteúdos instrucionais da disciplina, relacionados com o estudo dos mecanismos de funcionamento e controle orgânicos, fundamentou-se no princípio ausubeliano de ensino denominado *Diferenciação Progressiva*. Com base nesse princípio, os conteúdos instrucionais foram hierarquizados e apresentados na seqüência temporal, de acordo com o nível de generalidade dos assuntos.

Os conteúdos que denominamos *mecanismos gerais* de funcionamento e controle referem-se às formas de funcionamento, de ocorrência generalizada, nos diversos níveis da organização estrutural orgânica. O estudo das formas de funcionamento devem, no nosso entender, facilitar a



compreensão sobre o princípio de funcionamento e controles internos durante as interações do organismo, como um todo, com o ambiente externo.

Os conteúdos que denominamos *mecanismos específicos* de funcionamento e controle são inerentes à cada um dos sistemas orgânicos e referem-se às especificidades funcionais, presentes em cada sistema orgânico, as quais são devido, também, às especificidades estruturais.

Tal forma de organização dos conteúdos instrucionais da disciplina Fisiologia Geral (seleção e seqüenciação), *explicita o princípio lógico científico da intra e interdependência morfofuncional que existe nos vários níveis de organização da matéria viva*, e deve facilitar a construção de uma concepção sobre o organismo humano como *unidade morfofuncional*.

Ao apresentarmos, num primeiro momento, conteúdos instrucionais sobre formas gerais de funcionamento e controle, comuns à maioria dos órgãos e aparelhos, privilegiamos o estudo de *princípios funcionais*.

De acordo com a teoria ausubeliana de aprendizagem e ensino, é o estudo de conteúdos instrucionais em nível maior de generalidade, anterior ao estudo de conteúdos em nível de generalidade menor, ou seja, de teorias e princípios de uma dada área de conhecimento que pode facilitar a assimilação de conteúdos novos, mais específicos e menos generalizáveis, dado ser o princípio lógico científico construído através de conceitos que se relacionam hierarquicamente subordinados àqueles que detêm o maior poder de explicação. Em tal área do conhecimento, os conceitos dizem respeito à natureza físico-química da matéria e à organização estrutural.



Na área da Fisiologia, os princípios e as teorias relacionadas com funcionamento e controle orgânicos consistem em formas de funcionamento e controle de ocorrência generalizada que, independentemente do nível de organização estrutural da matéria, explicam o *funcionamento e a manutenção da vida*. O processo de construção desses princípios de funcionamento é resultante de uma concepção sobre a natureza das interações da matéria viva e ambiente. No estudo do funcionamento do organismo de seres pluricelulares, a organização estrutural constitui um outro fator a ser considerado.

As formas de funcionamento e controle orgânicos na espécie humana são geradas nas interações com o ambiente e são dependentes, tanto da natureza da matéria, como do nível de organização estrutural. No entanto, classificamos para efeito de estudo as formas de funcionamento e controle em gerais e específicas. As formas gerais referem-se àquelas formas de funcionamento que, sendo comuns a determinados níveis da organização estrutural, explicam o *funcionamento e a manutenção das estruturas vivas durante as interações com o ambiente interno e externo*. Assim, acreditamos que a construção de um arcabouço conceitual sobre as formas de funcionamento dos sistemas nervoso, humoral e muscular (esquelético, liso e cardíaco), possibilite a construção de um princípio lógico do ponto de vista funcional, capaz de facilitar a aprendizagem sobre formas específicas de funcionamento e controle orgânicos e fazer evoluir para níveis mais gerais e inclusivos da estrutura cognitiva o conceito sobre organismo vivo, do ponto de vista funcional.

O estudo de processos e fenômenos gerais, comuns aos diversos níveis da estrutura viva, possibilita a



construção de princípios de funcionamento e controle orgânicos que devem servir como subsunçores de conceitos sobre formas específicas de funcionamento orgânico.

De acordo com os pressupostos construtivistas, é o nível de generalidade conceitual que melhora o grau de abstração e o nível de causalidade do sujeito cognoscente e que possibilita o desenvolvimento das estruturas mentais para níveis também superiores.

As formas específicas de funcionamento e controle do organismo vivo dependem da natureza da estrutura, das especificidades morfológicas e, também, das interações dos fenômenos e processos gerados em nível local e geral. Portanto, o estudo sobre formas específicas de funcionamento sem o domínio de princípios de funcionamento, comuns aos diversos níveis da organização estrutural, possibilita o conhecimento das partes sem, no entanto, a compreensão do todo como unidade de funcionamento.

As formas gerais e específicas de funcionamento e controle orgânicos são, portanto, interdependentes, dado que as divisões didáticas surgem de uma necessidade do homem e não do objeto de estudo.

Quanto à articulação dos conteúdos da disciplina Fisiologia Geral com as demais disciplinas do Curso de Fonoaudiologia que permita a manutenção da interdisciplinaridade do curso, consideramos a própria sintaxe dos conteúdos. Levando-se em conta também a natureza da matéria viva e a organização estrutural morfológica, em nível celular, tecidual e de sistemas, permite-se a articulação substancial de conteúdos com as demais disciplinas, entre elas, a Anatomia, Citologia e a Histologia.

Acreditamos também que a disciplina Fisiologia se articule de maneira substantiva e particular com as demais disciplinas do curso, por constituir parte de um núcleo comum dos conhecimentos na área da Fonoaudiologia. A concepção sobre o organismo vivo, do ponto de vista funcional humano, que os conteúdos da disciplina Fisiologia Geral tem por objetivo ajudar a construir nos estudantes do curso, deve constituir o pressuposto teórico a partir do qual se subordinarão outros conceitos, mais específicos, construídos através do estudo de conteúdos de outras disciplinas correlatas.

É a partir de uma concepção de sujeito que os futuros profissionais construirão seus referenciais teórico-metodológicos necessários ao exercício consciente da profissão.

No nosso entender a análise da comunicação humana, não pode ser feita independente de uma concepção de sujeito psicológico e é neste sentido que acreditamos que a disciplina Fisiologia Geral poderá fornecer subsídios importantes, pois fundamenta-se em uma concepção sobre sujeito do ponto de vista funcional e adaptativo, mantido através das interações com o ambiente físico e social.

Outro fator do ambiente de aprendizagem escolar, considerado na elaboração da proposta metodológica, diz respeito à natureza do curso em cuja estrutura se insere a disciplina Fisiologia Geral.

O Curso de Fonoaudiologia, de acordo com a Lei nº. 6.965 de 09 de dezembro de 1981, que regulamentou a profissão nesta área de atuação, tem por objetivo a formação de um profissional capaz de atuar em pesquisa, prevenção, avaliação e terapia fonoaudiológicas na área da comunicação oral, escrita e no aperfeiçoamento dos padrões da voz e da audição. Por outro lado, a Fonoaudiologia, enquanto Ciência,

investiga as causas de determinados fenômenos biológicos questionando fatos e ações humanas que incluem na comunicação.

A comunicação humana é entendida como produto do processamento orgânico de informações presentes nos ambientes biológicos, físico e social. A linguagem oral, escrita ou gestual, constitui-se em fenômeno humano de origem psicofisiológica e não se manifesta isolada, independentemente de um determinado *estado funcional orgânico*. São essas as razões que fundamentam o estudo dos mecanismos de funcionamento e controle do organismo humano durante as interações com as variáveis dos ambientes biológico, físico e social.

A comunicação humana constitui uma forma específica de interação do homem com o ambiente social. A sua gênese está nas relações entre os processos biológicos e sociais.



FIGURA 2 - Mapa conceitual dos fatores considerados na organização e articulação do programa da disciplina Fisiologia Geral

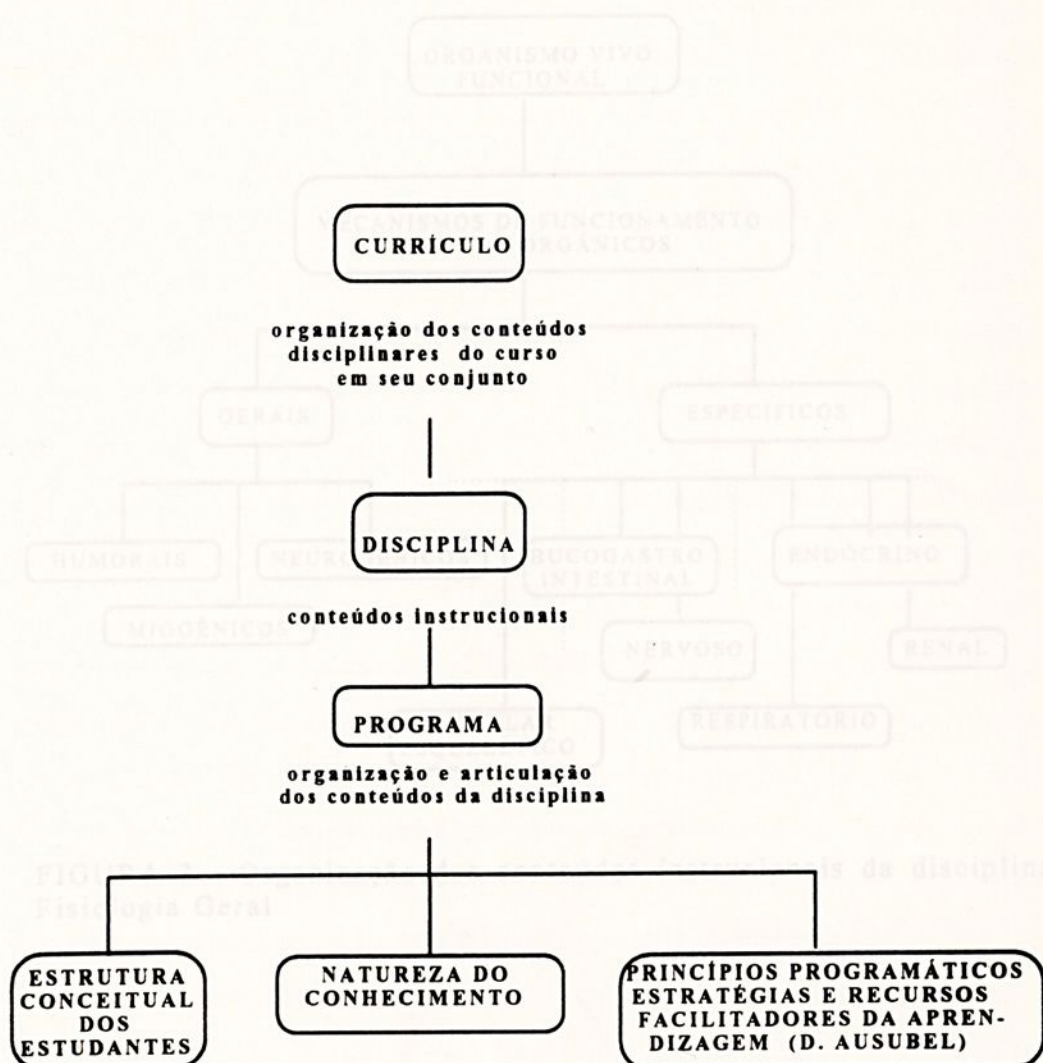


FIGURA 2 - Mapa conceitual dos fatores considerados na organização e articulação do programa da disciplina Fisiologia Geral

O Curso de Fonoaudiologia da UNESP, Câmpus de Marília, iniciou o seu funcionamento em meados de 1991, e encontrava-se em seu segundo ano de implantação ao iniciarmos este estudo. As disciplinas que constituem a estrutura curricular do curso são as da currículo mínimo proposto pelo Conselho Federal de Educação e as disciplinas propostas por docentes que não participam diretamente do curso. O funcionamento da

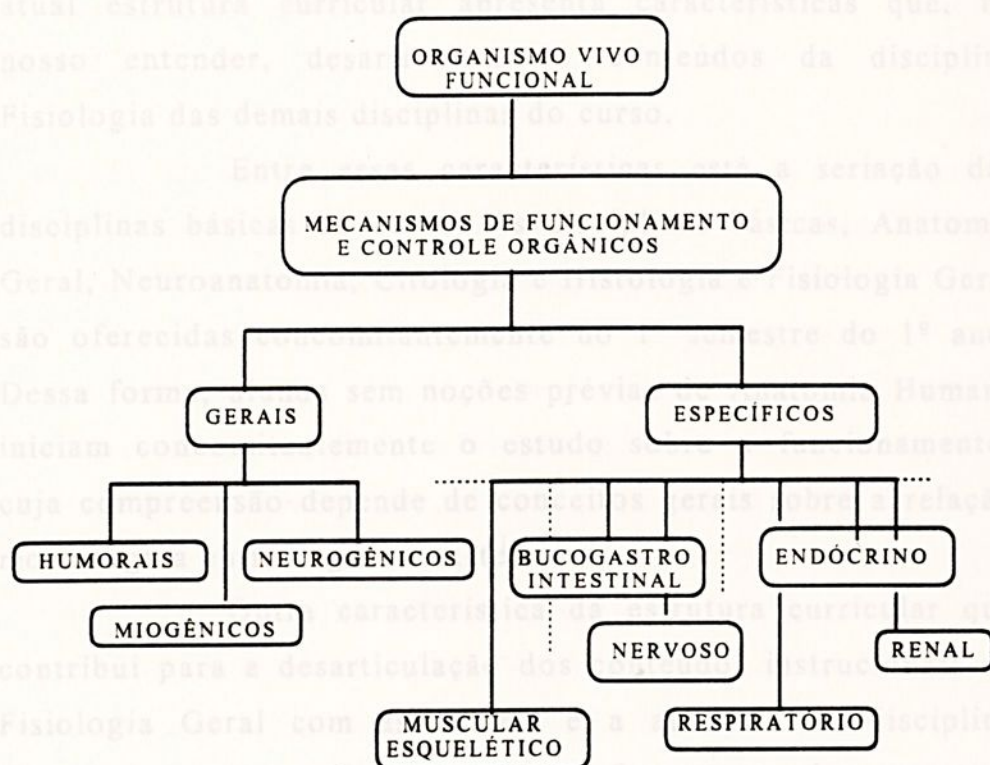


FIGURA 3 - Organização dos conteúdos instrucionais da disciplina Fisiologia Geral

3.1.2 A implementação da proposta metodológica: um breve relato da vivência do método

Considerações gerais sobre o Curso de Fonoaudiologia

O Curso de Fonoaudiologia da UNESP, Câmpus de Marília, iniciou o seu funcionamento em meados de 1990, e encontrava-se em seu segundo ano de implantação ao iniciarmos este estudo. As disciplinas que constituem a estrutura curricular do curso são as do currículo mínimo proposto pelo Conselho Federal de Educação e as disciplinas propostas por docentes que não participam diretamente do curso. O funcionamento da

atual estrutura curricular apresenta características que, no nosso entender, desarticulam os conteúdos da disciplina Fisiologia das demais disciplinas do curso.

Entre essas características está a seriação das disciplinas básicas do curso. As disciplinas básicas, Anatomia Geral, Neuroanatomia, Citologia e Histologia e Fisiologia Geral são oferecidas concomitantemente no 1º semestre do 1º ano. Dessa forma, alunos sem noções prévias de Anatomia Humana iniciam concomitantemente o estudo sobre o funcionamento, cuja compreensão depende de conceitos gerais sobre a relação morfológica entre órgãos e sistemas.

Outra característica da estrutura curricular que contribui para a desarticulação dos conteúdos instrucionais da Fisiologia Geral com as demais é a ausência da disciplina Bioquímica. Esta disciplina, não faz parte da estrutura curricular e, conseqüentemente determinados conteúdos instrucionais pertinentes ao estudo do funcionamento do organismo humano, não são oferecidos aos estudantes.

Além da seriação das disciplinas básicas e da ausência da disciplina Bioquímica na estrutura curricular do curso, a carga horária disponível para a implementação do programa da disciplina Fisiologia Geral é de apenas 60 horas aula. A pequena carga horária constitui um fator de dificuldade para a implementação e articulação dos conteúdos instrucionais com os conteúdos das demais disciplinas do curso, tendo em vista a abrangência e a complexidade da matéria de estudo.

Acreditamos que estudantes sem noções prévias sobre a organização topológica, macro e microscópica do ambiente biológico, adquiridas através do estudo da morfologia humana, sem noções prévias sobre o funcionamento do organismo, ainda que em nível genérico, podem apresentar



dificuldade em conceituar formas de funcionamento e controle orgânico.

A respeito das dificuldades impostas pelo ambiente de aprendizagem ao processo ensino-aprendizagem, a morosidade do processo de implantação do próprio curso constitui fator de desarticulação intra e interdisciplinar.

No Câmpus de Marília, não existe qualquer outro curso na área das Ciências Biológicas e conseqüentemente inexistia a estrutura técnico-administrativa com experiência específica na área ao ser iniciada a implantação do Curso de Fonoaudiologia. Este fato, ao lado da crise financeira pela qual passa também a Universidade, justifica, ainda que parcialmente, a grande morosidade na obtenção de recursos materiais necessários à implantação adequada do curso.

Ao lado dos entraves burocráticos relacionados à instalação da estrutura técnico-administrativa (departamento, contratação de pessoal e etc.), que dificultam a montagem dos laboratórios que servem as disciplinas básicas do curso e que são oferecidas nos dois primeiros anos, encontram-se dificuldades que acreditamos serem transpostas apenas a médio e longo prazos. Entre elas, ressaltamos também a contratação de pessoal técnico para auxiliar em atividades específicas de laboratório.

A impossibilidade de utilização de estratégias didáticas como, por exemplo, a realização de aulas práticas individuais, dada a falta de materiais de laboratório, pode dificultar a construção de conceitos pelos estudantes na área de conhecimento da Fisiologia Humana. Enquanto ciência, essencialmente experimental, o seu estudo, com o objetivo de observar e analisar fenômenos que ocorrem no ambiente interno,

é dependente da vivência da metodologia científica a qual vem produzindo esse tipo de conhecimento.

Além dos fatores de dificuldade já relatados, também a falta de disponibilidade de livros didáticos de diversos autores na Biblioteca da Unidade de Ensino, livros esses utilizados nas diversas disciplinas básicas, nos dois primeiros anos do curso, e de alto custo, é fator que pode influenciar o processo de aprendizagem escolar.

A leitura de livros didáticos, restrita a determinados autores, pode dificultar a convergência entre os significados expressos nos livros e os significados presentes na estrutura conceitual dos estudantes. A linguagem, como instrumento particular de mediação, mantém a introvisão do sujeito conhecedor e, se a construção e transformação de significados ocorrem em ambiente pedagógico "pobre de recursos facilitadores da aprendizagem", as idiossincrasias podem manter-se.

A Implementação do Programa de Ensino

O programa de ensino da disciplina foi implementado levando-se em consideração as formas de conceituação dos estudantes, ausentes e errôneas, os princípios e estratégias facilitadores da aprendizagem, propostos por Ausubel e seguidores como Mansini (1976), Moreira (1977) e Faria (1989), e a natureza do conhecimento científico nas áreas das Ciências Fisiológicas.

O princípio de utilização dos recursos que utilizamos encontra fundamentação, não só na teoria ausubeliana de ensino e aprendizagem escolar, mas, também, em

estudos na área da psicologia escolar sobre comportamento humano e sobre a formação e transformação de hábitos de estudo os quais acreditamos interferir também no processo de aprendizagem escolar.

Os princípios e estratégias didáticas, facilitadores da aprendizagem significativa (princípios da *Diferenciação Progressiva* e da *Reconciliação Integrativa*), e a estratégia dos *Organizadores Prévios* foram utilizados durante todo o processo de implementação do programa de ensino, em aulas expositivas participativas e na preparação de materiais escritos.

O programa de ensino, Anexo D, mostra, para cada unidade de conteúdos instrucionais, os assuntos selecionados e utilizados como organizadores prévios. Esses assuntos foram expostos oralmente, acompanhados da utilização de diapositivos ou de figuras, tanto na introdução de conteúdos novos como durante a discussão dialética dos conteúdos, no decorrer das aulas expositivas e práticas demonstrativas.

A dialética em sala de aula constituiu o principal instrumento de avaliação conceitual e de aprendizagem.

Consideramos cada aula vivenciada, momentos inéditos, quando pudermos explicitar as idiossincrasias de nossas falas e, a partir delas, encontrarmos o verdadeiro método.

As formas errôneas ou a ausência de determinados conceitos, identificados em momento anterior ao da implementação do programa de ensino e durante todo o processo das nossas interações, serviram de *indicadores pedagógicos* e conseqüentemente, também nortearam o método.

Os estudantes entrevistados tiveram suas estruturas conceituais mapeadas e puderam conscientizar-se dos principais erros, das inconsistências conceituais e da ausência

de determinados significados essenciais para a construção de um arcabouço conceitual substantivo para novas aprendizagens.

Baseados nos resultados das avaliações do domínio conceitual dos estudantes, indicamos leituras específicas de textos de diversos autores, em nível de 1º e 2º graus pois acreditávamos que pudessem ajudá-los na transformação do sistema conceitual que havíamos identificado.

Ao iniciarmos a implementação da proposta, fornecemos a todos os estudantes vários materiais escritos com a finalidade de orientar seus estudos: a) sugestões de leitura (Anexo I); b) questões de estudo (Anexo H); c) mapas conceituais dos conteúdos instrucionais (Anexo F); d) roteiros de aulas práticas (Anexo G).

O material denominado "sugestões de leitura", constou de uma relação de textos contidos em oito livros didáticos, de diversos autores. Os textos foram selecionados e organizados com a finalidade de facilitar a compreensão dos conteúdos instrucionais organizados na disciplina.

O material denominado "questões de estudo", constou de uma relação de dez a vinte perguntas, conforme mostra o Anexo F, relacionadas com os assuntos estudados em cada unidade do programa de ensino. Responder às questões de estudo exigiu dos estudantes a *utilização dos principais conceitos e relações sintáticas da matéria estudada*.

As nossas experiências adquiridas no exercício do magistério de 1º e 2º graus, através de nossa participação em Conselhos de Escola, em reuniões pedagógicas, na análise de livros-texto de diversos autores, normalmente utilizados nesses níveis de escolaridade e, ainda, por que não dizer, na nossa prática intuitiva de ensino, dão-nos indícios de que os estudantes formam hábitos de estudo que dificultam a

aprendizagem significativa. Existem evidências, de acordo com trabalhos já publicados na área da Psicologia escolar, que tal fato ocorre principalmente quando o sucesso da aprendizagem do estudante depende de determinados hábitos de estudo.

Em nossas atividades docentes, pudemos constatar que alunos estimulados a exercitarem a memorização de trechos de livros-texto, em atividades que exigem a identificação e a posterior transcrição dos mesmos, fatos que sabidamente ocorrem nos processos da avaliação escolar, apresentam dificuldade em relacionar conceitos e empregá-los em situações imprevisíveis.

A memorização de palavras ou frases, sem a construção de significados, desvinculadas de relações conceituais, é produto da aprendizagem mecânica, de acordo com os pressupostos ausubelianos de aprendizagem.

Conscientes da interferência dos hábitos de estudo no processo de aprendizagem significativa, elaboramos as questões de estudo, prevendo a *boa aceitação* desse tipo de material por aqueles estudantes cujo sucesso escolar foi baseado na aprendizagem através da memorização de *questionários* e, ao mesmo tempo, com a finalidade de estimularmos a mudança desse tipo de comportamento, já que, para responderem às *questões de estudo*, necessariamente estabeleceriam relações conceituais. Por outro lado, acreditamos que a dificuldade em respondê-las, certamente, os estimularia a criar novas formas de estudo.

As respostas dos estudantes, dadas às questões de estudo, foram discutidas oralmente, em *sessões de discussão em grupo*, logo após o término do estudo das unidades de conteúdos programados.

discussão As discussões em grupo, norteadas pelas respostas dos estudantes, constituíram momentos extremamente importantes da interação no ambiente escolar, pois os estudantes puderam revelar espontaneamente suas idéias e relações conceituais, suas dúvidas e inconsistências conceituais.

segunda vez Os mapas conceituais dos conteúdos instrucionais do programa de ensino, Anexo F, foram utilizados de forma sistemática na sala de aula, durante todo o processo de implementação da proposta metodológica com a finalidade de explicitarmos sistematicamente as relações sintáticas do conteúdo da matéria.

horária prevista As aulas práticas foram realizadas de acordo com os recursos de laboratório disponíveis, de maneira demonstrativa, com roteiros específicos, conforme mostrado no Anexo G.

Procuramos demonstrar, através dos experimentos práticos, algumas das diferenças funcionais relacionadas com diferenças estruturais, os efeitos da utilização de substâncias químicas e de estímulos mecânicos na gênese daqueles fenômenos fisiológicos que se manifestam através, ou da variação de características físicas de determinados órgãos, de fácil observação, ou através da variação do comportamento humano como um todo.

de vista funcional As avaliações da aprendizagem escolar realizadas durante a implementação do programa de ensino constaram de questões dissertativas que exigiram a utilização de conceitos, de idéias e de relações conceituais pertinentes à sintaxe do conhecimento nessa área do conhecimento humano.

parte do des... Durante todo o processo de implementação do programa de ensino, destinamos um período de quatro horas-aula (após cada avaliação sistemática da aprendizagem), para

em um dos jornais da Cidade de Marília, *O Correio de Marília*, e está mostrado no Anexo J.

3.2 Sujeitos

Os alunos do Curso de Fonoaudiologia da UNESP, Câmpus de Marília, os quais cursavam a disciplina Fisiologia Geral oferecida no 1º ano do curso, no ano de 1991, foram os sujeitos da pesquisa.

3.3 Instrumentos utilizados na identificação da estrutura conceitual dos sujeitos

O trabalho de investigação obedeceu à seguinte ordem de atividades: a. identificação da estrutura conceitual dos estudantes realizada nos períodos que antecederam e sucederam a implementação da proposta metodológica da disciplina Fisiologia Geral, realizada através de questões de múltipla escolha (teste de lápis e papel), e de entrevistas individuais com roteiro específico de perguntas; b. identificação do uso do conhecimento pelos estudantes, realizada durante o período de implementação da proposta metodológica, através da análise das respostas escritas dos estudantes às questões inseridas nas avaliações sistemáticas da disciplina, Anexo B, com a finalidade de avaliar a *retenção funcional* do conhecimento assimilado ou transformado.

As questões de múltipla escolha que utilizamos na pesquisa constituem instrumento de avaliação bastante usado



quando se deseja quantificar, de maneira rápida e objetiva, o domínio de determinados conceitos.

O Anexo A, mostra as questões de múltipla escolha, enumeradas de 01 a 34, agrupadas de acordo com os conceitos *chaves* investigados:

a) *célula* (questões enumeradas de 01 a 07): diferenças morfofuncionais entre os diversos tipos de células; constituição físico-química da membrana plasmática; transporte de substâncias através da membrana plasmática; permeabilidade celular; relações entre os fenômenos transmembrana e as variações dos ambientes externo e interno.

b) *meio interno* (questões enumeradas de 08 a 15): composição dos líquidos orgânicos; relações entre a composição dos líquidos intra e extracelulares; propriedades físico-químicas gerais da matéria e específicas dos líquidos orgânicos como, por exemplo, gradiente e potencial celular.

c) *mecanismos de funcionamento e controle orgânicos* (questões enumeradas de 16 a 34): formas de funcionamento de órgãos e sistemas; mecanismos homeostáticos.

Outro instrumento utilizado na avaliação dos conceitos e idéias dos estudantes, as entrevistas individuais, já utilizados por vários pesquisadores como Stewart et al. (1979), Moreira (1980), Ault Jr. et al. (1984), Ault Jr. (1985), Okekulola & Jedge (1988), entre outros, teve a finalidade de possibilitar a demonstração pelos estudantes de seus conceitos, idéias e noções sobre a estrutura biológica em suas interações com as variações dos ambientes externo e interno. Essas noções são essenciais para a compreensão tanto sobre a gênese dos fenômenos biológicos investigados na pesquisa, como para a construção do conceito sobre homeostasia orgânica.

O roteiro de perguntas utilizado nas entrevistas, conforme mostrado no Anexo C, versaram sobre:

a) *célula*: tipos morfológicos presentes num mesmo organismo vivo; relações morfofuncionais entre as células e as variáveis ambientais.

b) *membrana plasmática*: representação; constituição físico-química; relações com as variações do meio interno; justificativas.

c) *permeabilidade celular*: definição; relação entre essa propriedade da célula e as variações do ambiente interno; relações entre essa propriedade e os tipos de transporte de substâncias químicas através da membrana celular; justificativas.

d) *transporte de substâncias através da membrana celular*: classificação; diferenças entre os vários tipos de transporte de substâncias; justificativa para a existência de várias formas de transporte de substâncias; relações entre os tipos de transporte de substâncias; relações entre os tipos de transporte de substâncias e o gradiente eletroquímico.

e) *potencial*: definição; classificação e caracterização do potencial celular em suas relações com as variações do gradiente eletroquímico geradas no ambiente biológico.

f) *potencial de ação*: definição; relações entre esse fenômeno e a variação de permeabilidade celular; relações entre esse fenômeno e as variações do meio interno; justificativas.

g) *mecanismos de funcionamento e controle orgânico*: definição e caracterização da gênese dos mecanismos fisiológicos; justificativas.

funcional bio h) *organismo humano do ponto de vista funcional*: caracterização do organismo humano como sistema; justificativa.

3.4 Procedimentos

3.4.1 Procedimentos metodológicos utilizados na identificação da estrutura conceitual dos sujeitos

A análise da estrutura conceitual dos estudantes e dos aspectos organizacionais do ambiente de aprendizagem que poderiam influenciar a construção e transformação da estrutura de conceitos dos estudantes fundamentou-se na sintaxe do corpo de conhecimentos na área das Ciências Biológicas diretamente relacionado ao campo de estudo da Fisiologia Humana, conforme mostrado na Figura 1 da página 46.

Esse corpo de conhecimentos foi utilizado também na elaboração dos instrumentos de avaliação conceitual. Os conceitos e relações selecionados foram considerados pré-requisitos para a aprendizagem significativa de conhecimentos de natureza científica.

Os conceitos e relações *chaves*, supostamente, deveriam ser construídos nas interações dos sujeitos com o ambiente escolar em nível de segundo grau, através da aprendizagem de conhecimentos sistematizados no campo de estudo das Ciências Biológicas.

O corpo de conhecimento selecionado para investigação constituiu-se, conforme mostrado na Figura 1, de duas estruturas de conceitos hierarquizados referentes a unidade

funcional biológica, à *célula* e ao *meio interno* dos organismos pluricelulares.

Estas duas estruturas conceituais, na área de conhecimento da Fisiologia subordinam-se ao conceito de organismo vivo, do ponto de vista funcional e se inter-relacionam, de acordo com a estrutura sintática do conhecimento na área da Fisiologia Humana, através de conceitos sobre propriedades da matéria viva do ponto de vista da natureza estrutural. São estudadas em vários campos do conhecimento humano e integram um núcleo comum do conhecimento humano.

Selecionamos para análise na pesquisa três dos muitos conceitos de natureza científica sobre fenômenos biológicos transmembrana: *permeabilidade celular*, *transporte de substâncias químicas através da membrana plasmática* e *potencial de ação celular*.

Esses conceitos constituíram objeto particular de análise na pesquisa por referirem-se a conceitos sobre fenômenos de ocorrência generalizada e também por serem imprescindíveis para o entendimento, tanto de formas gerais como específicas de funcionamento e controle do organismo vivo animal, objeto de estudo na disciplina Fisiologia Geral.

Na avaliação da alteração do domínio conceitual dos estudantes submetidos à proposta metodológica de ensino na disciplina Fisiologia Geral, realizamos entre outras, a análise estatística das porcentagens médias de acerto por estudante, nos pré e pós-testes, seguindo a metodologia apresentada por Levin (1987), conforme mostrado no Anexo E.

Desta forma, realizamos a análise das variâncias internas das porcentagens médias de acerto dos estudantes em questões relacionadas aos conceitos sobre *célula*, *meio interno*

e mecanismos de funcionamento e controle orgânicos, representadas respectivamente pelas letras (A), (B), (C) nos histogramas indicativos do nível de domínio conceitual dos estudantes no período que antecedeu e no que sucedeu à implementação da proposta metodológica.

Utilizamos tanto o teste "H" de Kruskal-Wallis como o teste ANOVA, com a finalidade de pesquisarmos as diferenças estatísticas entre as porcentagens médias de acerto, por estudante, em cada Bloco de questões, antes e após a implementação da proposta metodológica de ensino na disciplina Fisiologia Humana.

O teste "H" de Kruskal-Wallis foi escolhido e aplicado para análise das diferenças estatísticas entre os resultados de domínio conceitual obtidos nos três Blocos de questões, no pré-teste, uma vez que se constatou diferença significativa entre as variâncias internas das respectivas porcentagens médias de acerto.

O teste ANOVA foi escolhido e aplicado para análise estatística das diferenças entre os resultados de domínio conceitual obtidos nos três Blocos de questões após a implementação da proposta metodológica de ensino por não ter sido constatada diferença significativa entre as variâncias internas das médias de acerto em questões dos respectivos Blocos.

As questões de múltipla escolha foram aplicadas em 100% dos estudantes do Curso de Fonoaudiologia da UNESP, Câmpus de Marília, regularmente matriculados na disciplina Fisiologia Geral, no ano de 1991.

As entrevistas com roteiro específico de perguntas foram realizadas antes e após a implementação da proposta metodológica da disciplina Fisiologia Geral em doze



estudantes, escolhidos por sorteio, dos vinte e dois matriculados na disciplina Fisiologia Geral.

O nível da investigação durante as entrevistas clínicas foi determinado pelo próprio estudante. Assim, quando o mesmo alegava desconhecer o assunto tratado, passávamos a arguí-lo sobre o conteúdo seguinte, de acordo com a estrutura geral do roteiro de perguntas e considerávamos aquele conceito investigado ausente na sua estrutura cognitiva.

Ao demonstrarem o domínio de determinados conceitos, idéias e relações, através de descrições, ainda que errôneos, solicitávamos que explicassem suas relações, de acordo com as estruturas conceituais do corpo de conhecimento (Figura 1 da página 46), considerando sempre o conceito inicial já demonstrado pelo estudante.

As respostas dos estudantes às perguntas feitas durante as entrevistas clínicas foram gravadas e transcritas para o papel e permitiram, tanto a construção dos mapas conceituais da estrutura cognitiva de cada estudante entrevistado como a construção de um mapa conceitual comum à maioria deles.

As principais formas de conceituações identificadas nos estudantes foram agrupadas em categorias relacionadas aos conceitos e idéias pertinentes às estruturas conceituais investigadas na pesquisa (célula, meio interno e organismo vivo do ponto de vista de funcionamento e controle).

Com a finalidade de ilustrar as nossas afirmações quanto ao domínio conceitual identificado na maioria dos estudantes, transcrevemos, para cada categoria conceitual, a fala de alguns deles.

As características cognitivas funcionais dos estudantes foram identificadas através do uso de conceitos e relações conceituais explicitados por eles, também nas respostas

escritas às questões inseridas nas avaliações sistemáticas da disciplina Fisiologia Geral. Esse procedimento permitiu-nos explicitar o tipo de aprendizagem a que se submeteram durante a vivência da proposta metodológica. Tais questões exigiam o uso de conceitos e de relações pertinentes ao corpo de conhecimentos que selecionamos para análise na pesquisa, condição que caracteriza a aprendizagem significativa, segundo D. Ausubel.

3.4.2 Procedimentos metodológicos utilizados na identificação dos aspectos organizacionais dos ambientes de aprendizagem dos sujeitos

Na impossibilidade de estudarmos os vários aspectos do ambiente de aprendizagem com o qual interagiram os estudantes em nível de segundo grau, analisamos dois livros-texto, possivelmente utilizados pela maioria deles. A finalidade da análise foi a de identificar o critério utilizado por seus autores na seleção e hierarquização de assuntos pertinentes ao corpo de conhecimento investigado na pesquisa e, ainda, identificar a sintaxe dos conteúdos apresentados no sentido de compará-la com a sintaxe do conhecimento dos estudantes.

Os aspectos organizacionais do ambiente de aprendizagem com os quais os estudantes interagiram em nível de terceiro grau, referem-se aos mesmos que consideramos na elaboração da proposta metodológica de ensino da disciplina Fisiologia Geral oferecida no Curso de Fonoaudiologia.

A proposta metodológica de ensino da disciplina Fisiologia Geral baseou-se nos princípios de aprendizagem e ensino de D. Ausubel, facilitadores da assimilação substantiva de idéias, conceitos e proposições.



4 RESULTADOS Ao ser identificado o conhecimento dos estudantes em momento que antecedeu a implementação da proposta metodológica e ao serem analisadas as características organizacionais dos livros-texto, possivelmente utilizados por eles em nível de segundo grau, elaboramos um programa de ensino da disciplina. Esse programa, de acordo com os pressupostos construtivistas do conhecimento humano, seria potencialmente capaz de transformar os conceitos e idéias identificados previamente como ausentes na estrutura conceitual dos estudantes e teve a finalidade de facilitar a construção de conceitos ausentes, a transformação de conceitos errôneos e, com isto, a construção de um arcabouço conceitual potencialmente capaz de assimilar de maneira significativa conceitos novos na área da Fisiologia. Levou em consideração as variáveis endógenas do processo de aprendizagem (conhecimento prévio dos estudantes), em suas relações de pertinência com a sintaxe do conhecimento científico na área da Fisiologia.

As articulações sintáticas da disciplina Fisiologia Geral com as demais disciplinas do Curso de Fonoaudiologia foram também consideradas tanto para a seleção dos conteúdos instrucionais como durante o processo de sua implementação.

As colunas (A) e (B) do histograma indicam as médias de acerto em questões relacionadas às estruturas conceituais cavares, sobre célula e meio interno respectivamente, indicadas pelas mesmas letras (A) e (B) no corpo de conhecimentos selecionados para análise na pesquisa (Figura 1, página 46). A coluna (C) do histograma indica a média de acerto em questões relacionadas aos mecanismos de funcionamento e controle orgânicos.

4 RESULTADOS

Os resultados da pesquisa foram organizados de acordo com a vivência do processo. Assim, no momento que antecedeu a implementação da proposta metodológica de ensino, realizamos a identificação do domínio conceitual dos estudantes através do teste objetivo, o pré-teste, e das entrevistas individuais e análise dos livros-texto possivelmente utilizados por eles, em nível de segundo grau. Em momentos que sucederam o processo de implementação da proposta metodológica de ensino na disciplina Fisiologia Geral, identificamos novamente o domínio conceitual comum à maioria dos estudantes e o uso de conceitos e relações pelos estudantes através da análise de suas respostas às questões inseridas nas avaliações sistemáticas da disciplina.

4.1 O domínio conceitual dos sujeitos, identificado através de pré-teste, em momento anterior ao da implementação da proposta metodológica de ensino

O histograma abaixo, Figura 4, página 79, indica as médias de acerto dos estudantes em questões do pré-teste.

As colunas (A) e (B) do histograma indicam as médias de acerto em questões relacionadas às estruturas conceituais *chaves*, sobre *célula* e *meio interno* respectivamente, indicadas pelas mesmas letras (A) e (B) no corpo de conhecimentos selecionados para análise na pesquisa (Figura 1, página 46). A coluna (C) do histograma indica a média de acerto em questões relacionadas aos mecanismos de funcionamento e controle orgânicos.

Os resultados revelaram um domínio conceitual abaixo de 50% de acerto em momento anterior ao da implementação da proposta metodológica da disciplina Fisiologia Geral.

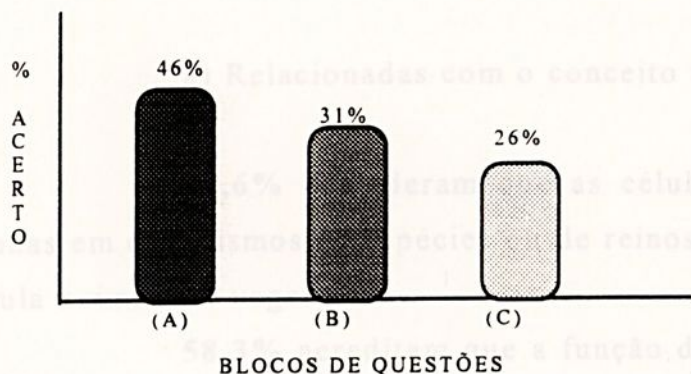


FIGURA 4 - Resultados do pré-teste

O histograma mostra os resultados do teste objetivo (pré-teste), aplicado em momento anterior ao da implementação da proposta metodológica para o ensino da disciplina Fisiologia Geral. As letras (A), (B) e (C) indicam as médias de acerto, nas questões de múltipla escolha relacionadas, respectivamente, com as estruturas conceituais *chaves* e o conceito de organismo vivo, do ponto de vista funcional.

4.2 Conceitos, idéias e formas de conceituações dos sujeitos, identificados através de entrevistas, em momento anterior ao da implementação da proposta metodológica de ensino

A análise dos resultados das entrevistas clínicas, realizadas em mais de 50% dos estudantes do Curso de Fonoaudiologia, em momento anterior ao da implementação da

proposta metodológica, revelaram as formas de conceituações sobre as estruturas biológicas e fenômenos orgânicos.

As respostas dos estudantes, abaixo transcritas, foram classificadas de acordo com os conceitos *chaves* investigados na pesquisa:

a) Relacionadas com o conceito sobre *célula*:

16,6% consideram que as células são diferentes apenas em organismos de espécies ou de reinos diferentes. Ex: a célula animal e a vegetal.

58,3% acreditam que a função diferencia os tipos celulares mais do que a estrutura.

41,6% descrevem a membrana plasmática comparando-a com “papel absorvente”, “folha de caderno”, “papel que embrulha”, “clara de ovo”, “envoltório liso e contínuo”.

58,2% não dominam a composição química da membrana plasmática.

66,6% consideram a “seleção” de substâncias pela membrana dependente da “necessidade da célula”, fator determinante dos transportes de “substâncias úteis”.

91,6% relacionam os tipos de transporte de substâncias químicas (ativo e passivo) através da membrana celular, apenas ao gasto de energia.

b) Relacionadas com o conceito sobre *meio interno*:

100% não dominam a composição dos líquidos corporais.



91,6% não apresentam o conceito de gradiente.
100% não apresentam o conceito de potencial.
100% não apresentam o conceito de potencial de ação celular.

c) Relacionada com conceitos sobre *mecanismos gerais de funcionamento e controle orgânico*:

100% não dominam os mecanismos funcionais neurogênicos e miogênicos.

d) Relacionadas com conceitos sobre *estrutura físico-química* da matéria viva:

58% conceituam a estrutura biológica, apenas do ponto de vista de estrutura morfológica, sem relacioná-la com a natureza físico-química.

e) Relacionadas com conceitos sobre *interações entre o organismo vivo e as variações ambientais*:

58% consideram a estrutura viva estática e inalterável frente as variações ambientais. Aqueles que a consideram variável, admitem a ocorrência em função de mutações ou doenças.

91,6% consideram o organismo vivo um sistema fechado.

A Figura 5 a seguir, mostra o mapa da estrutura conceitual comum à maioria dos estudantes, em momento anterior ao da implementação da proposta metodológica. Estes

mapas foram construídos com base nos percentuais de estudantes com o domínio dos conceitos e relações investigados através das entrevistas clínicas, conforme mostrado anteriormente.

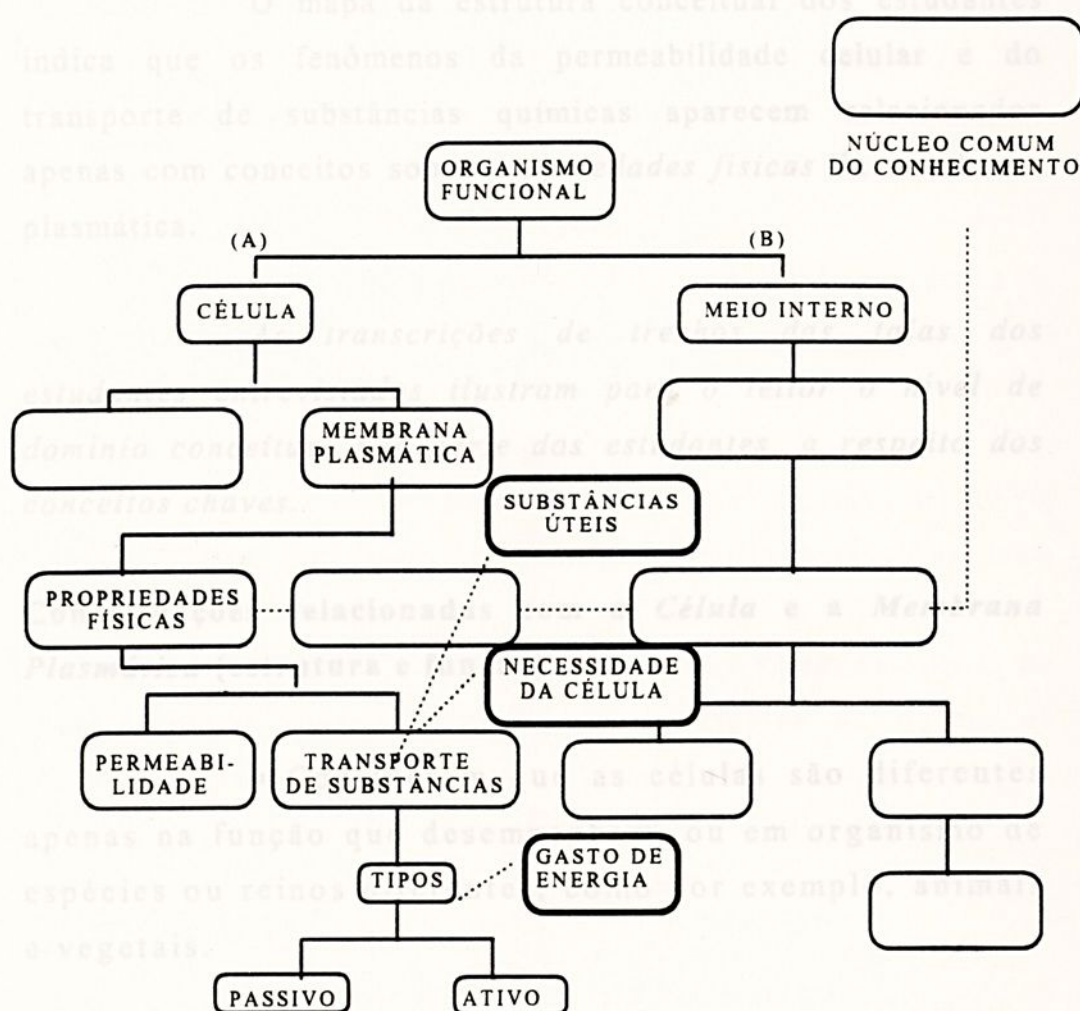


FIGURA 5 - Mapa conceitual da estrutura cognitiva, comum à maioria dos estudantes em momento anterior ao da implementação da proposta metodológica

O mapa conceitual, acima, mostra a sintaxe do conhecimento identificada na maioria dos estudantes

entrevistados. Os *boxes* vazios indicam a ausência de conceitos. Os *boxes* representados por polígonos diferentes e unidos aos demais, através de linhas tracejadas, indicam conceitos e relações espontâneos e errôneos utilizados pela maioria dos estudantes entrevistados nas explicações dos fenômenos.

O mapa da estrutura conceitual dos estudantes indica que os fenômenos da permeabilidade celular e do transporte de substâncias químicas aparecem relacionados apenas com conceitos sobre *propriedades físicas* da membrana plasmática.

As transcrições de trechos das falas dos estudantes entrevistados ilustram para o leitor o nível de domínio conceitual por parte dos estudantes, a respeito dos conceitos chaves.

Conceituações relacionadas com a Célula e a Membrana Plasmática (estrutura e função).

- Consideram que as células são diferentes apenas na função que desempenham, ou em organismo de espécies ou reinos diferentes, como por exemplo, animais e vegetais.

Entr.- Em relação às células do nosso corpo, você imagina que elas sejam iguais ou diferentes?

Luci.- "De diversas pessoas ou de uma só?"

Entr.- De uma mesma pessoa.

Luci.- "Elas são diferentes quando são especializadas nas funções que elas exercem. Ah! elas são

iguais, não é? Elas têm a mesma estrutura, as mesmas organelas..."

Entr.- Então, na estrutura elas são iguais?

Luci.- "São, mas exercem funções diferentes".

Entr.- Em relação à célula, que conceito você tem de célula, no organismo humano? são todas iguais?

Luc.- "Não. Cada uma é específica para uma função. Realiza mais uma função do que a outra".

Entr.- E em relação à estrutura da célula?

Luc.- "São todas iguais".

Entr.- E o que diferencia uma célula secretora de uma muscular?

Luc.- "Secretora?"

Entr.- Não tem idéia?

Luc.- "A forma dela? as organelas dela? Na muscular tem [há] mais mitocôndrias e nas secretoras mais Complexo de Golgi?"

Entr.- Como você imagina que sejam as células do nosso corpo? Elas são iguais, são diferentes na forma, na constituição?

Isa.- "Imagino que não sejam iguais".

Entr.- Em que elas diferem?

Isa.- "Na função".

Entr.- O que diferencia realmente uma célula da outra, num mesmo organismo? Por exemplo, uma célula do estômago, que secreta suco gástrico, de uma célula do sistema nervoso, de uma célula muscular?

Mar.- "Seria a função?"

Entr.- Você acha que a função é que diferencia a célula?

Mar.- "Sim".

Entr.- Por que elas têm funções diferentes?

Mar.- “Não sei não”.

Entr.- Você não tem idéia?

Mar.- “Ou não seria a função?”

Entr.- Você acha que as células do músculo ou do estômago são diferentes ou são uma coisa só?

Mar.- “São. A diferença das células seria, por exemplo, entre os seres vivos, por exemplo, de um vegetal e uma bactéria. Essa é a diferença que eu pensei que existisse”.

Entr.- Como você imagina as células do nosso corpo? Elas são iguais, são diferentes? como são?

Sand.- “Elas são diferentes. Por exemplo, se forem as células da epiderme, elas diferem das células do sangue”.

Entr.- Mas em que elas diferem? Na estrutura ou na função?

Sand.- “Tanto na estrutura como na função”.

Entr.- O que elas teriam de diferente na estrutura?

Sand.- “Na estrutura, elas poderiam diferir no tamanho, na disposição”.

Entr.- Mas, e na estrutura físico-química?

Sand.- “Acho que não sei. Acho que nos dois. Química? deixe-me ver.”

Entr.- Tudo que existe numa célula existe em outras?

Sand.- “Não. Tem que ser do organismo? do corpo humano? porque as células vegetais diferem das do corpo humano em estrutura”.

- Consideram a estrutura biológica estática e inalterável frente às variações ambientais (ambiente físico e biológico);

- Aqueles que consideram que a estrutura e ou a função possam variar frente às variações ambientais, consideram a ocorrência *apenas* em função de mutações ou doenças.

Entr.- Em relação às variáveis do meio, você acha que as células podem ter a estrutura modificada frente a variações físico-químicas?

Sand.- "Acho que sim. Por exemplo, se acontece [acontecer] o problema do césio, lá de Goiânia".

Lil.- "Na estrutura da célula não. Na função, deixa eu [me] pensar direito. Deixa eu [me] ver se modifica ou não. Uma variação de temperatura na pele. Nas superficiais sim. Por exemplo, quando a gente toma sol, dependendo do tipo de pele, se é muito sensível ao sol ou não, e bastante temperatura, aí queima a célula, aí é quando descasca. São células mortas. Então aí ocorrem modificações na função, na estrutura porque elas morrem. Agora, internamente, eu não sei".

Mai.- "Se o ambiente externo sofre, por exemplo, radiação a estrutura físico-química vai mudar. É o que eu imagino".

Entr.- Não vamos pensar numa variação assim, que cause uma alteração definitiva. Vamos pensar numa variação temporária que, cessado o estímulo ela também volte. Será que é possível isso?

Mai.- "Acho que não. Não é possível não".

Entr.- E em relação à função? Você acha que as funções celulares podem ser alteradas em função de variações do ambiente?

Mai.- "Sim, podem".

Entr.- Você saberia me dar um exemplo?

Mai.- "Variação dela. Não pode ser drástica?"

Entr.- Pode ser. O que você lembrar.

Mai.- "Então, em relação ao meio, você disse..."

Entr.- Meio interno ou externo.

Mai.- "Se você sofre uma doença, a célula vai mudar a estrutura dela externamente também".

Entr.- Você acha que a estrutura físico-química da célula pode mudar?

Kat.- "Se morfologicamente pode mudar? Não sei, professora".

Entr.- Nunca pensou nisso? Pense numa célula lembrando-se da membrana, citoplasma, núcleo. A membrana é constituída de substâncias químicas. Tudo que há lá dentro é constituído de substâncias químicas. As organelas, o líquido extracelular... Essa organização pode variar em função de um aumento de temperatura? de uma variação de meio interno?

Kat.- "Não".

Entr.- As variações do ambiente físico e biológico podem modificar a estrutura e a função [da célula]?

Entr.- E se fossem alterações reversíveis? Alterações que durassem apenas durante o estímulo. Isso poderia ocorrer?

Isab.- "Nunca ouvi falar nisso. Estudei no cursinho só em nível genético, de mutações".

- Representam a membrana plasmática através de comparações com: “papel absorvente”, “veuzinho furadinho”, “película fina de transparente”, “folha de caderno”, “papel que embrulha”, “clara de ovo, lisa e contínua”.

Entr.- Em relação à membrana, que idéia você tem? como você imagina a membrana plasmática?

Lil.- “Uma espécie de veuzinho, todo furadinho. Um tule que pode realizar trocas de um meio com o outro. Só que há substância que não passam. Vamos supor que a gente pegue uma terrinha bem fininha. A quantidade de terra que pode passar é uma. As outras são maiores e não podem”.

Mai.- “A membrana plasmática é uma pele. Uma película superfina que envolve a célula. Transparente, muito pequena, que seria assim como uma folha de caderno, flexível e transparente”.

Cel.- “Eu imagino as membranas como se fossem clara de ovo, mais ou menos. Nessa transparência, nessa viscosidade. É assim que eu imagino a membrana”.

Isa.- “Eu imagino assim, como se ela filtrasse substâncias que poderiam entrar na célula ou não. Dá para comparar, como se fosse papel absorvente”.

- Conceituam permeabilidade celular através de relações com a *necessidade da célula* ou com o “transporte de substâncias úteis”;

- Relacionam a permeabilidade plasmática com o tamanho da substância transportada, tamanho dos poros da membrana e com a solubilidade da substância. Essas relações não são concomitantes nas respostas.

Entr.- O que é permeabilidade seletiva?

Mar.- “Seria a passagem de líquidos. É a capacidade de entrar ou sair substâncias”.

Isab.- “Acho que ela vai determinar o tamanho [da substância] que vai conseguir entrar na célula?”

Kat.- “Ela separa resíduos que entram na célula”.

Mai.- “É conforme o tamanho dos poros da membrana. Tem [há] íon e substâncias que conseguem passar. Água, por exemplo. Outras maiores que não conseguem passar e [o transporte] pode ser por osmose, ou difusão ou transporte ativo”.

Sue.- “Escolhe o que pode entrar, o que não pode entrar...”

Her.- “Ela seleciona o que serve. Aquilo que é útil e outras...”

Luci.- “Ela vai selecionar o que... deixa passar só [de] que necessita”.

Entr.- Por que passam uns[nutrientes], outros não?

Luci.- “Porque ela vai... Uns seriam úteis e outros não. Você quer saber como ela percebe isso? Ah! isso eu não sei”.

Sand.- “As vezes, pelo tamanho do que está sendo englobado, ou mesmo pela constituição da membrana. Por exemplo, se ela é lipoproteica, lipídeos e proteínas poderiam passar por ela. Outras coisas não”.

• O conceito de *Transporte de Substâncias através da membrana plasmática*, aparece relacionado

com o conceito errôneo sobre permeabilidade plasmática e gasto de energia em todos os entrevistados.

Entr.- Em relação aos transportes, como ocorrem?

Sand.- “Os transportes podem ser passivo ou ativo, depende do que influenciasse. Pelo nome, transporte ativo parece ser uma coisa espontânea”.

Entr.- Como o transporte de substâncias pode acontecer? como são as formas de transporte?

Luci.- “Podem ser ativos ou passivos”.

Entr.- O que quer dizer isso?

Luci.- “Ativo é [o transporte] que precisa de gasto de energia”.

Entr.- Então, o que determina o transporte é a necessidade?

Luci.- “É”.

Entr.- Ele vai ser passivo quando? o que determina o passivo?

Luci.- “Não sei. Deixa eu [me] pensar... ela vai... quando ela necessita ela vai requerer mais gasto de energia porque ela vai ter que, né... trabalhar para conseguir aquilo [de] que ela necessita. Agora, o passivo, por exemplo, quando ela precisa eliminar alguma coisa, então não precisa de tanto gasto de energia”.

Conceitos relacionados com as *Propriedades Físico-químicas do meio interno*

• Não dominam a composição dos líquidos corporais.



Entr.- Em relação aos líquidos corporais intra e extracelulares você se lembra da composição? estudou alguma coisa?

Sand.- “Estudei. O intracelular é composto de... Ah... passei no vestibular e fiz questão de esquecer tudo! dá um tempo. O intracelular...” (não respondeu).

Entr.- Em relação à composição, existe diferença entre a composição do LIC e do LEC?

Sand.- “O líquido intracelular é mais viscoso”.

Entr.- Mas, e quanto à composição?

Sand.- “Não. Eu acho que a composição é a mesma”.

Entr.- Em relação aos líquidos intra e extracelulares, eles têm a mesma composição?

Sue.- “Não. Isso eu não sei. Eu sei que líquido intracelular é dentro da célula e extra é fora”.

Entr.- O que caracteriza o transporte passivo?

- Não dominam as propriedades físico-químicas dos líquidos corporais (meio interno), gradiente eletrogeniônico e potencial.

Mar.- “Seria a energia do ATP?”

Entr.- O que é gradiente?

Mar.- “Gradiente não seria a mistura de uma substância com um líquido? Dependendo da concentração dela, se a concentração da substância for grande o gradiente seria maior? Seria uma solução”.

Entr.- Um gradiente é uma solução?

Mar.- “É”.

Entr.- Então, para ele passar, só importa a concentração dele?

Mai.- "É. Se a membrana permitir o tamanho dele, aí depende da diferença de concentração, mas, se ele for muito grande, aí acho que não vai passar não".

Entr.- Você se lembra como se chamam os tipos de transporte?

Kat.- "Transporte ativo, passivo, por osmose também, em que não há gasto de energia".

Entr.- Qual é a diferença básica entre um tipo de transporte e outro?

Kat.- "O [no] transporte ativo há um gasto de energia, agora... por osmose, não".

Entr.- E no caso do transporte passivo, o que determina esse tipo de transporte? O que faz com que uma substância passe de um lado para outro?

Kat.- "Olhe, eu não sei se tem a ver, mas tem [existe] a célula. Quando ela está murcha, há entrada de água de substâncias líquidas, por osmose, até que se estabilize, certo?

Entr.- O que caracteriza o transporte passivo?

Mar.- "Passivo é o transporte que não usa energia. Já o [no] ativo se usa energia".

Entr.- A energia vem de onde?

Mar.- "Seria a energia do ATP?"

Entr.- Onde fica o ATP?

Mar.- "Não sei, professora".

Entr.- Então, o que determina o transporte é a necessidade?

Luci.- "É".

Entr.- Ele vai ser passivo quando? o que determina o passivo?

Luci.- "Não sei. Deixa eu [me] pensar... ela vai... quando ela necessita ela vai requerer mais gasto de energia

porque ela vai ter que “né”... trabalhar para conseguir aquilo [de] que ela necessita. Agora, o passivo, por exemplo, quando ela precisa eliminar alguma coisa, então não precisa de tanto gasto de energia”.

Conceituações sobre o *Organismo vivo do ponto de vista funcional*

- Conceituam o organismo vivo como um sistema fechado.

Entr.- Você acha que o organismo pode ser comparado com um sistema aberto ou fechado?

Luc.- “Fechado, porque faço a relação com a corrente sanguínea aberta e fechada que a gente estuda nos outros animais”.

Luci.- “Sistema fechado. O organismo é fechado na forma, na integridade. A mesma coisa no sistema circulatório. É sistema aberto porque a gente aprende que tem [há] sistema aberto, lacunoso, e que a partir de certas classes, é fechado”.

Her.- “Fechado. Nunca tinha pensado nisso”.

Mar.- “Aprendi que é um sistema fechado”.

Kat.- “Fechado, porque, desde o ginásio a gente aprende que a circulação é fechada. Sempre se distingue o homem dos animais, dos protozoários. A gente tem essa idéia de que o organismo é fechado”.

Mai.- “Fechado. Achei que o metabolismo é só no interior, independente do meio externo. O coração vai bater, está lá dentro, não troca nada com o meio”.

Sue.- “Sistema aberto. Quando você tem contato, tem possibilidade de entrada e saída no seu organismo. No caso seria aberto”.

Lil.- “Eu o considerava fechado. Ele, lá dentro, não tendo contato com o meio”.

Conceituações espontâneas dos sujeitos, baseadas nas experiências de vida

- Justificam a ocorrência de fenômenos e processos biológicos através da lógica interna e utilizam as experiências de vida.

Entr.- Você acha que as variações do ambiente físico externo e interno, biológico, podem provocar variações na estrutura físico-química das células? E na função?

Lil.- “Deixa-me ver direito. Deixa [me] ver se modifica ou não. Uma variação de temperatura... na pele, nas superficiais, sim. Por exemplo, quando a gente toma sol, dependendo do tipo de pele, se é muito sensível ao sol ou não. Bastante temperatura, aí queima a célula. Aí é quando descasca. São células mortas. Então aí ocorrem modificações na função, na estrutura, porque elas morrem. Agora, interna? internamente eu não sei”.

Isab.- “Acho que modificam os dois. Por exemplo, o raio X”. “Nunca ouvi falar nisso. Estudei no cursinho só em nível genético, como mutação”.

Luc.- “Por exemplo, o cigarro. Não faz mal para a membrana da célula, destruindo-a?... Por exemplo, as radiações”.

Sand.- “Acho que sim. Por exemplo, se acontece como o problema do césio lá de Goiânia”. (...) “Eu acho que pode modificar sim, mas como eu não sei. A gente toma tanta coisa hoje que eu acho que pode modificar”.

Mai.- “Se o ambiente externo sofrer, por exemplo, radiação, a estrutura físico-química vai mudar. É o que eu imagino. Se você sofre [tem] alguma doença, a célula vai mudar a estrutura dela”.

Entr.- (em relação à permeabilidade celular). Essa escolha do que pode ou não, qual é o princípio disso aí? como [a célula] sabe que algumas podem e outras não?

Sue.- “Ela deve ter algum sistema, alguma coisa que mostra que é um corpo estranho, que não vai fazer bem à célula, e então ela não deixa, ela escolhe, é uma seleção que ela faz em relação aos corpos que ela pode englobar”.

Entr.- (em relação ao transporte de substâncias) O transporte de aminoácidos pode variar? Tendo proteínas, elas passam?

Luci.- “Não, não passam porque, se houver quantidade suficiente dentro da célula, ela não vai querer mais. Ela só deixa passar o [de] que necessita. A outra idéia é a de células túrgidas ou murchas. Por exemplo, as células da alface. Se você joga sal, ela vai murchar porque vai reter todo o sal”.

Entr.- (em relação a permeabilidade celular). Para uma determinada substância pode variar?

Mar.- “Tem que variar porque, se uma substância começar entrar demais, ela pode explodir”.

Conceitos relacionados com *Mecanismos Neurogênicos e Miogênicos*

• Não conceituam *Mecanismos Neurogênicos e Miogênicos*.

Entr.- Em relação aos mecanismos neurogênicos e miogênicos, você já tinha ouvido falar?

Lil.- “Não, nunca estudei”.

Sue.- “Já, mas não tenho muita noção dessa parte. Alguma coisa mais relacionada com a parte do cérebro?”

Mai.- “Nunca tinha ouvido falar. Procurei no dicionário, e não achei”.

Mar.- “Nunca ouvi falar. Eu imagino que seja alguma coisa ligada com sistema nervoso, neural... vai por esse lado, mas [do] outro não tenho idéia”.

4.3 Análise do material didático, livros-texto, possivelmente utilizados pela maioria dos sujeitos da pesquisa, em nível de 2º grau de escolaridade

O estudo do material didático utilizado pela maioria dos sujeitos teve a finalidade de identificar e analisar determinados aspectos organizacionais do material escrito, entre eles a seleção hierarquização e a sintaxe dos conteúdos instrucionais que, supostamente, possam ter influenciado a construção conceitual dos estudantes, referente ao corpo de conhecimentos investigados na pesquisa.

Analizamos duas fontes bibliográficas em nível de 2º grau na área da Biologia, as quais foram mencionadas pela maioria dos alunos como tendo sido utilizados em seus estudos.

Tais livros-texto revelam, como critério de seleção e hierarquização dos conteúdos instrucionais, o nível de

organização de estruturas vivas, segundo os autores, em função do grau de complexidade morfofuncional.

Os autores propuseram-se analisar as funções orgânicas, com base na estrutura viva, em quatro níveis, considerando a provável origem evolutiva dos grupos estudados, ou seja, a filogenia. Identificamos as seguintes divisões didáticas dos assuntos contidos nos livros: Biologia Química, Biologia Celular (Citologia), Histologia e Fisiologia de órgãos e sistemas.

Nossa análise revelou que os autores, ao organizarem os conteúdos, privilegiaram, tanto na hierarquia de apresentação, como na explicação dos fenômenos em nível de órgãos e sistemas, os aspectos estruturais morfológicos, comparando-os entre as várias classes de vertebrados.

Os conceitos e relações que deveriam constituir um sistema conceitual envolvendo os conceitos sobre a permeabilidade celular, transportes de substâncias, gradiente elétrico e de concentração e sobre o potencial de ação, além dos conceitos relacionados aos mecanismos gerais de controle das funções orgânicas, aparecem isolados como se fossem independentes na natureza e na sintaxe. Assim o sistema conceitual referente ao corpo de conhecimentos que selecionamos para análise, aparece no material totalmente fragmentado.

O ambiente biológico e físico não são considerados na descrição e explicação dos fenômenos, e as relações de causa e efeitos dos fenômenos transmembrana não são contempladas nos materiais escritos.

Os assuntos referentes aos conceitos transmembrana aparecem isolados em tópicos ou até mesmo em tomos diferentes. Apesar de seus autores aceitarem que são "as



relações entre conceitos que favorecem o aprendizado e esclarecem o estudo”, num dos materiais analisados, encontramos o seguinte argumento para a apresentação compartimentalizada dos conteúdos instrucionais, na área das Ciências Biológicas:

mas serão eles compartimentos isolados ou temas de Biologia sem nenhuma vinculação entre si? É claro que não. Aparentemente desligados, tais ramos diferentes podem e devem ser relacionados, de modo a formar uma rede de conhecimentos básicos acerca do funcionamento dos seres vivos. Essa é a nossa intenção. A medida que você se aprofundar em nosso curso de Biologia, verá o quanto essas inter-relações de assuntos variados favorecem o aprendizado e esclarecem seus estudos. (Sistema Anglo, 1984/85a, p.1)

Os autores consideram que tais relações conceituais devam ser realizadas pelo aprendiz, responsável, assim, pelo sucesso na aprendizagem.

As transcrições de partes do conteúdo introdutório de um dos materiais revelam a idéia dos autores quanto ao processo ensino-aprendizagem em que se envolveram, ao elaborarem o material didático.

Mesmo que esses temas possam aparecer desligados um do outro, e apesar de que no início **serão estudados de forma estanque e individualizada** eles funcionarão como marcos iniciais, como alicerces para o estabelecimento daquela rede interligada de conhecimentos biológicos de que falávamos anteriormente(...) A capacidade de tecer tais relações entre os diversos pontos de matéria, não é, entretanto, um ponto de partida, mas sim de chegada. **Nosso objetivo comum deverá ser então, de que, até o final do curso, tenham estabelecido na sua mente essas “pontes” entre os assuntos.** Se pudermos usar a idéia da física, os assuntos biológicos deixarão de ser uma coleção de frascos isolados para se constituírem num sistema de vasos comunicantes, enfim, uma Biologia integrada (grifos nossos). (Sistema Anglo, 1984/85a, p.1)

Apesar de os autores aceitarem a importância das inter-relações conceituais para o entendimento dos fenômenos biológicos, o tratamento dado para a apresentação dos assuntos no material instrucional privilegia apenas aspectos anatômicos gerais, omitindo, nas explicações dos fenômenos tanto as interações das estruturas vivas e o ambiente biológico, como a natureza físico-química da matéria.

Encontramos a seguinte definição para Fisiologia Animal, em Silva Jr. & Sasson (1984, p.290): “ramo da biologia essencialmente experimental, cujo objetivo é interpretar os fenômenos vitais em função de processos físicos e químicos”.

Os autores salientam ainda, na Introdução do texto, a importância do estudo da fisiologia animal para a compreensão do organismo como “unidade de vida”, como dependente não apenas de fatores internos e genéticos, mas também dos fatores do ambiente, tanto físico quanto biológico, e confirmam a necessidade de integração de conhecimentos entre os da área da Física e os da Química.

A pesquisa fisiológica corre paralelamente aos avanços da Física e da Química e, por isso, depende muito do desenvolvimento de novas técnicas e instrumentos. (Silva Jr. & Sasson, 1984, p.290)

Apesar dessa forma de conceituar a pesquisa fisiológica, os autores não hierarquizam os conteúdos instrucionais, nem privilegiam conceitos abrangentes com maior grau de generalização e poder de explicação no material analisado. Organizam-no independentemente da natureza sintática nessa área do conhecimento. O critério de apresentação de fenômenos fisiológicos, no material analisado, é o suposto nível de complexidade morfofuncional e suas diferenças evolutivas.



Está claro que o objetivo de estudo do funcionamento do organismo, em qualquer nível de complexidade organizacional, é a compreensão de relações entre os fenômenos e suas causas. Essas, envolvem, essencialmente, as variações do ambiente físico e biológico.

O organismo como um todo mantém-se num determinado estado funcional, dinâmico, como sistema aberto que é. Nele se estabelecem múltiplos mecanismos de controle, em nível local e sistêmico, os quais o mantêm funcionando em homeostasia dentro de certos limites de variações.

A análise de fenômenos, no campo da Fisiologia, em qualquer nível de complexidade funcional, deve ser calcada sempre em inter-relações dos fenômenos gerados nas interações do ambiente físico, externo, e o biológico. A caracterização desse último, o ambiente biológico, deve ser feita através da análise de mecanismos gerais de controle, que explicam a homeostasia do meio interno, ainda que em um nível genérico.

Alistamos algumas das formas de tratamento dado aos conteúdos instrucionais que identificamos nos livros-texto e que podem ter influenciado o processo de construção conceitual dos estudantes:

- os conteúdos instrucionais, selecionados pelos autores, tratam a descrição das estruturas e fenômenos celulares independentemente de relações entre o meio interno (líquido extracelular) e o externo (ambiente físico);
- os conceitos básicos sobre funcionamento de órgãos e aparelhos são explicitados apenas em nível de legalidade. Referem-se, principalmente, às características morfológicas, essencialmente anatômicas de forma independente da natureza físico-química da matéria viva;

- os mecanismos de controle das funções orgânicas são contemplados no material, apenas no que se refere a mecanismos específicos de determinados órgãos e sistemas e são analisados independentemente de estados funcionais orgânicos;

- o material apresenta títulos e subtítulos, com terminologias específicas de um campo de conhecimento, nesse caso particular, a Anatomia. Porém, os assuntos desenvolvidos levam em consideração aspectos particulares de fenômenos estudados em campo diferente, a Fisiologia. Essas terminologias utilizadas representam conteúdos com sintaxes diferentes, embora sejam relacionadas ao mesmo sistema orgânico.

As transcrições abaixo, de trechos dos livros analisados, dizem respeito a descrições e formas de tratamento de fenômenos que envolvem conceitos e relações do *corpus* de conhecimento e ilustram o que já foi dito anteriormente.

Quanto ao fenômeno da *Permeabilidade celular* o tratamento pelos autores dos livros a essa propriedade funcional é a de ser estática e invariável.

se uma célula for colocada num meio rico em determinada partícula à qual a membrana é permeável, ocorrerá difusão das partículas para o interior da célula. (Sistema Anglo, 1984/85b, p.4)

Os conteúdos dos livros-texto que se relacionam com o fenômeno *Transporte de Substâncias através da membrana celular* mostram que os seus autores consideram a membrana como uma estrutura estática, que não interage com variáveis ambientais. Os autores explicam o fenômeno como sendo de natureza estritamente física.

Num dos tipos, a membrana permanece *inativa*, sendo que as substâncias a atravessam de acordo com leis físicas. A *difusão* e a *osmose* são transportes desse tipo, nos quais a *membrana não interfere*.

Falamos transporte passivo. (grifo nosso) (Sistema Anglo, 1984/85b, p.3)

Os autores descartam totalmente a estrutura físico-química da membrana no conjunto de interações com os meios, interações essas que explicam as várias formas de transportes.

A difusão não é impedida pela presença de uma membrana permeável às partículas. (Sistema Anglo, 1984/85b, p.4)

Há dois exemplos básicos de transporte passivo: a difusão e a osmose, que são processos puramente físicos. Já o transporte ativo é realizado apenas por membranas vivas e implica um “esforço” por parte da célula. (Silva Jr. & Sasson, 1984, p.68)

Contraditoriamente à afirmação sobre a difusão de íons através da membrana celular, como fenômeno puramente físico, independente das interações da estrutura físico-química da membrana e os meios intra e extracelulares, a propriedade de seletividade é atribuída ao fato de que a membrana deixa passar alguns íons e outros não, apesar da semelhança no tamanho dos íons.

Apesar de os íons Na^+ e K^+ terem aproximadamente o mesmo tamanho e, portanto, difusibilidade, percebemos que a membrana plasmática se comporta de maneira totalmente diferente em relação a cada um deles. Aqui se pode falar, sem dúvida, em permeabilidade seletiva. (Silva Jr. & Sasson, 1984, p.71)

Como, então, não analisar essa propriedade denominada permeabilidade seletiva, com base em interações físico-químicas da membrana e meios para compreenderem-se as causas dos vários tipos de transporte de substâncias através da membrana plasmática?

A Composição dos líquidos orgânicos, presentes no ambiente biológico onde ocorrem os fenômenos fisiológicos, não é nem citada num dos livros-texto analisado.



Os fenômenos que dependem fundamentalmente da análise prévia da composição dos líquidos celulares (interno e externo), quando tratados, são descritos como se fossem independentes. Assim, por exemplo, o fenômeno *Potencial de Ação*, sob a terminologia de impulso nervoso é descrito sem qualquer relação com os conceitos de gradientes elétrico e de concentração e de Potencial Celular.

A transmissão nervosa ao longo dos neurônios envolve modificações de natureza elétrica e de natureza química. Um neurônio, em repouso, apresenta diferenças elétricas (íons) no seu interior e exterior, isto é, ao longo das faces interna e externa da membrana celular. (Sistema Anglo, 1984/85c, p.77)

Após explicarem o fenômeno *do Potencial de ação celular*, apenas citando a necessidade de ocorrências de variações iônicas entre os líquidos, os autores encerram o assunto com a seguinte conclusão:

Não há uma explicação satisfatória para todos esses fenômenos. Sabe-se apenas que alterações importantes ocorrem simultaneamente à propagação de um impulso: consumo de oxigênio, produção de calor, CO_2 , etc. (Sistema Anglo, 1984/85c, p.78)

Mais uma vez, neste caso, o papel da membrana plasmática em suas interações com os líquidos celulares (intra e extracelulares) fica omitido.

As relações conceituais, importantes para a compreensão dos fenômenos transporte de substâncias e sinal nervoso (Potencial de Ação), são dependentes de conceituações *chaves* como as conceituações de Permeabilidade Celular, Gradiente Eletrogradiônico e de Potencial Celular.

Em nível de causalidade, tais fenômenos as explicam em função de integrações físico-químicas entre



estruturas e meios envolvidos. Descartá-las significa desconsiderar o aspecto científico do conhecimento humano.

Com relação aos conteúdos instrucionais sobre mecanismos globais de controle funcional, não encontramos qualquer relação explicitada entre os mesmos e os fenômenos analisados no material.

O processo da excreção, por exemplo, é tratado como uma forma de o organismo eliminar resíduos tóxicos.

a célula remove o material residual e tóxico para manter constante o seu meio interno. Isto é conseguido através do processo de **excreção** ...Excretas são produtos residuais, "lixo", resultante do metabolismo celular. A urina, por exemplo, é um líquido que contém muitas excretas como, por exemplo, a uréia. (Sistema Anglo, 1984/85c, p.60)

Os assuntos que tratam *dos mecanismos de controle de funções*, quando citados nos textos analisados, estão relacionados a funções específicas, já descritas anteriormente. Assim, após analisar o sistema digestivo, quanto à sua função no processo da nutrição, os autores descrevem o controle funcional, em nível hormonal, local, omitindo totalmente o controle nervoso da digestão que ocorre em resposta às variações físico-químicas, tanto em nível celular como no de órgãos e sistemas envolvidos nos processos da digestão, condução e absorção de nutrientes.

A idéia que os autores apresentam a respeito da coordenação geral de funções orgânicas, está relacionada apenas com as funções específicas do sistema Nervoso e Endócrino. Os autores não descrevem, por exemplo, ações integradas dos sistemas na produção e manutenção de estados funcionais orgânicos.

Fica claro, então, que a transmissão de informações no organismo pode ser feita por dois mecanismos, um químico (hormônio) e um elétrico (impulso nervoso), que se completam. (Silva Jr. & Sasson, 1984, p.353)



Acreditamos que a análise aqui apresentada sobre a forma de *seleção e organização* de conteúdos instrucionais, em nível de programas específicos de ensino na área das Ciências Biológicas de diversas disciplinas a que estiveram submetidos os sujeitos da pesquisa, contribui para um entendimento melhor sobre possíveis relações entre este fator do ambiente de aprendizagem e as características das estruturas conceituais dos estudantes.

4.4 O domínio conceitual dos sujeitos, identificado através de pós-teste, após a implementação da proposta metodológica de ensino

Os resultados do pós-teste obtidos pelo cálculo das porcentagens médias de acerto em questões objetivas, iguais àquelas já respondidas pelos estudantes em momento anterior ao da implementação da proposta metodológica, indicam alteração no nível de domínio dos conceitos e relações pertinentes às estruturas conceituais *chaves*, objeto de análise da pesquisa.

O histograma abaixo, construído com base nas porcentagens de acerto nos testes aplicados em momento posterior ao da implementação da proposta metodológica, revela um domínio conceitual acima de 50%.

As respostas dos estudantes durante as entrevistas clínicas revelam suas idéias e o domínio de conceitos e relações após a implementação da proposta metodológica.



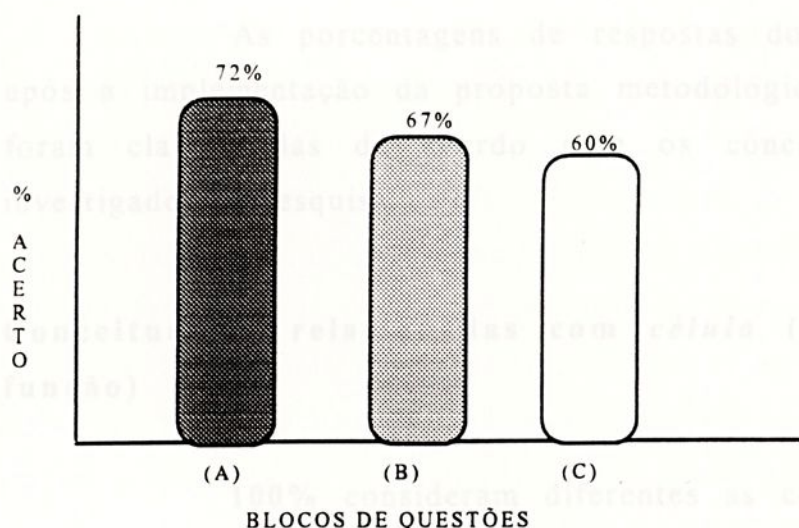


FIGURA 6 - Resultados do pós-teste

O histograma mostra os resultados do teste objetivo, em porcentagem de acerto, aplicado em momento *posterior* ao da implementação da proposta metodológica para o ensino na disciplina Fisiologia Geral. As letras (A) e (B) indicam as médias de acerto, em questões de múltipla escolha, relacionadas com as estruturas conceituais *chaves* do corpo de conhecimentos selecionado para análise na pesquisa. A letra (C) indica a média de acerto em questões sobre o organismo vivo do ponto de vista funcional.

A Figura 7 da página 110 mostra o mapa da estrutura conceitual dos estudantes construído com base nas porcentagens de estudantes com o domínio dos conceitos e relações investigados na pesquisa.

4.5 Principais formas de conceituações, idéias e conceitos dos sujeitos após a implementação da proposta metodológica de ensino

As porcentagens de respostas dos estudantes, após a implementação da proposta metodológica de ensino, foram classificadas de acordo com os conceitos *chaves*, investigados na pesquisa:

Conceituações relacionadas com *célula* (estrutura e função)

100% consideram diferentes as células de um mesmo organismo.

83,4% acreditam que as células sejam *estruturalmente diferentes* e que a *função celular depende da estrutura*. Porém não justificam.

91,6% acreditam que a estrutura celular possa ser alterada durante variações dos ambientes interno e externo, porém a maioria deles não justifica suas respostas através de exemplos específicos explicitando o domínio das propriedades físico-químicas da matéria.

100% citam a composição química da membrana plasmática e demonstram dificuldade em representá-la através de comparações com modelos físicos.

91,6% categorizam o fenômeno da permeabilidade celular entre as propriedades morfofuncionais da matéria viva, porém a maioria deles relacionam tal fenômeno apenas com determinados fatores estruturais da membrana plasmática.

100% relacionam os tipos de transporte de substâncias químicas através da membrana plasmática (ativo e passivo), com determinadas características e propriedades da matéria viva, tanto da membrana como do meio interno, como, por exemplo, diâmetro dos poros, solubilidade da substância a

ser transportada através da membrana plasmática, energia disponível, gradiente eletrogeniônico. Tais relações, porém, não são concomitantes.

100% não explicam as formas de transporte de substâncias químicas através da membrana plasmática, e nem as diferenças entre as várias formas de transporte, através de relações conceituais entre tal fenômeno e as propriedades físico-químicas da matéria viva. Acreditam que as variações das concentrações das substâncias, quer ocorram através da ingestão de alimentos, quer através do metabolismo celular (entendido como gasto de substâncias), possam explicar a “necessidade” de transporte de substâncias.

Conceituações relacionadas com o meio interno

100% descrevem a composição química dos líquidos orgânicos e citam algumas das diferenças nas concentrações de determinadas substâncias presentes tanto no LEC como no LIC, porém não quantificam tais diferenças.

100% conceituam *gradiente*, utilizando-se da palavra *diferença*, porém, não justificam a manutenção do gradiente eletrogeniônico entre LEC e LIC.

83,4% conceituam *potencial* utilizando-se das palavras *energia, força ou trabalho*.

58,3% atribuem o mesmo significado sobre *potencial celular ao potencial de repouso celular*.

100% não explicam o fenômeno *potencial celular* através de qualquer conceito sobre as propriedades físico-químicas da matéria viva.

100% não relacionam o conceito sobre o fenômeno *Potencial de ação* com o conceito sobre *potencial celular*.

Conceituações relacionadas com *mecanismos gerais de funcionamento e controle orgânico*

100% conceituam alguns dos mecanismos de funcionamento e controle orgânico através de relações entre formas gerais e específicas de funcionamento dos diversos sistemas orgânicos e levam em consideração as variações dos ambientes externo e interno. Entretanto, as estruturas conceituais (A) e (B), do corpo de conhecimentos investigado na pesquisa, mantêm-se ausentes ou errôneos.

Conceituações relacionadas com a *estrutura física da matéria viva*

100% acreditam na natureza físico-química da matéria viva, porém não utilizam suas propriedades para explicarem as causas dos fenômenos e processos biológicos.

Conceituações relacionadas com as *interações do organismo vivo e as variações ambientais*

100% acreditam nas interações do organismo vivo e o ambiente.

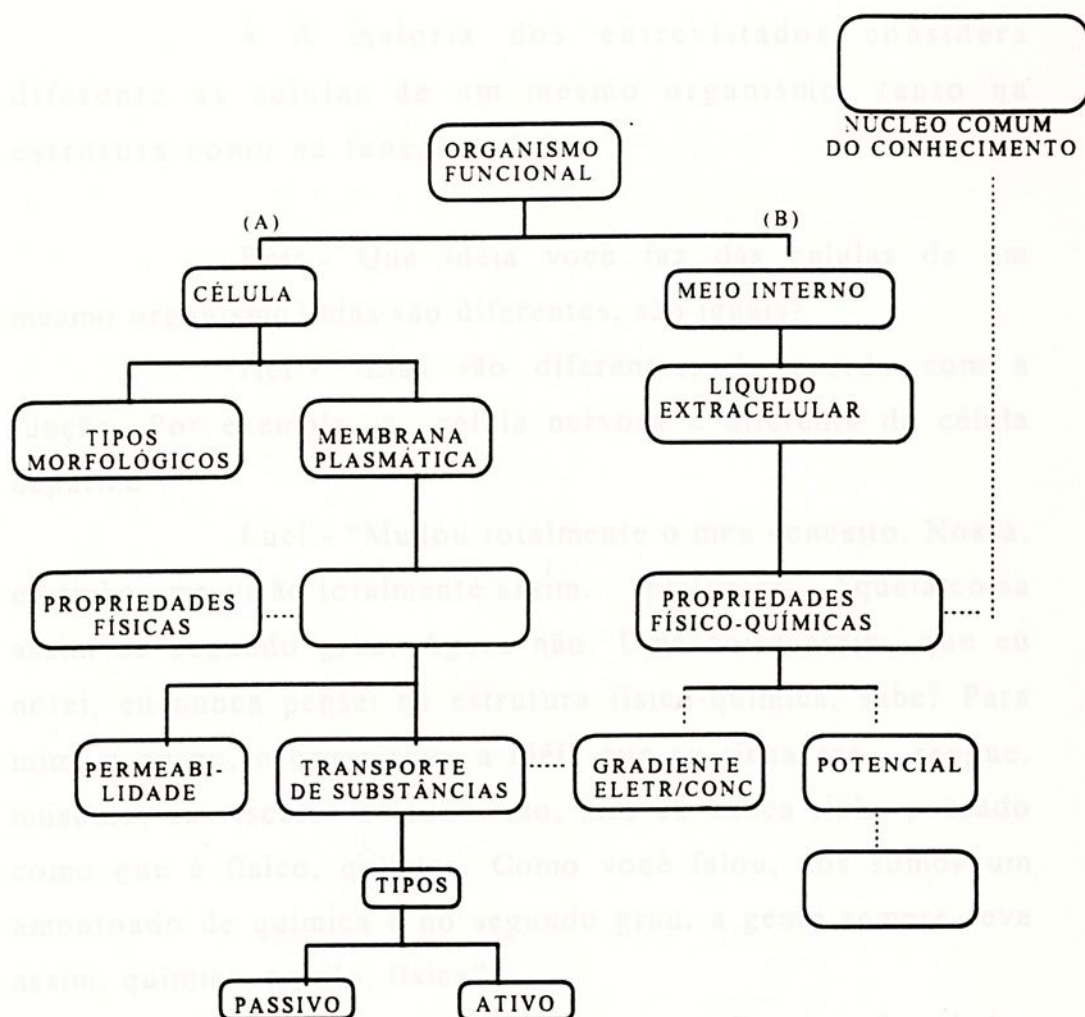


FIGURA 7 - Mapa da estrutura conceitual, comum à maioria dos estudantes após a implementação da proposta metodológica

As transcrições de trechos das falas dos estudantes ilustram para o leitor o nível de domínio dos estudantes, a respeito dos conceitos chaves.

Conceituações relacionadas à célula e à membrana plasmática (estrutura e função)

• A maioria dos entrevistados considera diferente as células de um mesmo organismo, tanto na estrutura como na função celular.

Entr.- Que idéia você faz das células de um mesmo organismo? elas são diferentes, são iguais?

Her.- “Elas são diferentes, de acordo com a função. Por exemplo, a célula nervosa é diferente da célula hepática”.

Luci.- “Mudou totalmente o meu conceito. Nossa, eu tinha uma visão totalmente assim... “platônica”. Aquela coisa assim de segundo grau. Agora não. Uma coisa assim, que eu notei, eu nunca pensei na estrutura físico-química, sabe? Para mim, o corpo, o organismo, a idéia que eu tinha era... sangue, músculo, as vísceras de tudo isso, mas eu nunca tinha pensado como que é físico, química. Como você falou, nós somos um amontoado de química e no segundo grau, a gente sempre teve assim, química, aquilo, física”.

Entr.- Você imaginava que a [natureza] química fosse só a de drogas prontas, de laboratório? aquelas drogas dos vidrinhos?

Luci.- “É. Isso mesmo. Físico, só os fenômenos físicos que acontecem assim, tipo... fora do corpo”.

Entr.- Esses que você pode perceber?

Luci.- “É. Fenômenos físicos mesmo. Nossa, mudou totalmente a minha idéia, meu conceito sobre isso”.

Entr.- Mas [a diferença entre as células] é só de acordo com a função, ou estruturalmente elas são diferentes?

Her.- “Estruturalmente elas são diferentes”.

Entr.- O que você acha que determina essa diferença? a estrutura, ou a função?



Her.- “Acho que é interligado”.

Entr.- Essa função diferente acontece por quê? A razão disso aí é a diferença na estrutura, ou existe algo que controla a função da célula, independentemente da estrutura dela?

Sue.- não respondeu.

Sand.- “Eu imagino que as células dos diferentes tecidos, o formato, seja diferente, mas constituição é a mesma. Constituída de lipídeos e proteínas”.

Entr.- De um tecido para outro, essas células teriam diferenças na estrutura físico-química? no arranjo dessas moléculas, na membrana? as membranas são sempre iguais na constituição? nas propriedades?

Sand.- “Eu imagino que sim”.

- Acreditam na variação da estrutura biológica durante as variações dos ambientes interno e externo.

Entr.- Em relação à estrutura celular, você acha que se altera em função de variações ambientais?

Mar.- “De [variações] ambientais, do metabolismo da gente, a função assim, também depende de cada parte do corpo, da região, pode mudar... A permeabilidade depende de fatores ambientais e da nutrição, da alimentação”.

Sand.- “Modifica porque na medida em que for, por exemplo, se você ingerir um remédio químico, ele pode alterar porque a célula também é química. Nosso corpo por dentro é tudo químico, então ele pode alterar, pode ter uma reação lá dentro e alterar”.

Lili.- “Por exemplo, a temperatura vai alterar, como você falou na sala de aula. Se a gente colocar a mão na chapa quente. A estrutura das suas células vai alterar devido os receptores. Esses vão ter substâncias que vão variar a permeabilidade da membrana a determinados íons presentes”.

And.- “Pode. Aí seriam os fatores físicos”.

Entr.- Só os fatores físicos?

And.- “Ah! não sei se tem [há] fatores químicos ambientais!”.

Mai.- “Não. Não deve ser alterada. Por isso [porque] tem que manter o meio interno sempre constante”.

Entr.- Não. Ela não deve ser alterada, mas estou perguntando se pode ser alterada.

Mai.- “Ah! ela pode ser alterada sim. Se a gente ingerir alguma coisa que seja tóxica, ela vai absorver. Se ela absorve, pode interferir na célula, lesar o tecido”.

• Citam a composição química da membrana plasmática, mas demonstram dificuldade em representar a membrana plasmática através de comparações com modelos materiais, conhecidos mais freqüentemente do ponto de vista físico.

Entr.- Em relação à membrana, como você a imagina?

Her.- “Imagino como vi no livro, lipoproteica. Seria [constituída de] lipídeos com proteínas ligadas, com poros e é uma substância química”.

Entr.- Se você pudesse comparar com alguma coisa que você já viu, se você tivesse que representar essa membrana, como faria?



Her.- “Acho que faria um... é difícil. Primeiro a gente imagina os poros. Seria algo que tivesse furinhos... é difícil de dizer”.

Lili.- “É toda cheia de porozinhos. Passava substâncias conforme a necessidade que eles tinham. Não é necessidade. É conforme ela requer. Aprendi a falar assim também. Está no Vander...”

Lili.- “Não vou desenhar. Vamos supor que você tenha assim uma camada de gordura mesmo, aí você pega um palitinho como se fosse a proteína. Eu imagino as proteínas grandes. Como se fosse inserir essas proteínas nessa camada de lipídeos. Conforme essas proteínas entrassem, algumas ficariam inseridas, outras, passando mesmo... aí altera os canais ou poros, onde ocorre a troca de substâncias que não são solúveis na...”

And.- “É constituída de proteínas, íons, gorduras, lipídeos”.

Mai.- “É lipoproteica... ela é cheia de poros. Eu acho que ela é clara, de cor clara, gelatinosa”.

• 100% dos estudantes classificam o fenômeno da permeabilidade celular como uma propriedade *morfofuncional* da célula; a maioria deles, porém, explicam a existência desse fenômeno através de exemplos onde apenas características do tipo estrutural se fazem presentes.

Entr.- O conceito de permeabilidade que você tem está relacionado com essa estrutura física, simplesmente, ou você relaciona com o modo de funcionamento da célula?



Her.- “A permeabilidade é física e também química”.

Entr.- A permeabilidade da célula, na verdade, é uma propriedade do tipo estrutural, ou é uma propriedade funcional?

Her.- “Estrutural”.

Entr.- Então depende, exclusivamente, da estrutura da membrana?

Her.- “É”.

And.- “Acho que depende tanto da estrutura como da função”.

Entr.- Por quê?

And.- não respondeu.

Entr.- Tome[pense em] um exemplo de como pode variar a permeabilidade da célula.

And.- “Vai depender do que estiver no meio interno do que estiver na membrana, do que estiver dentro da célula”.

Entr.- Se você tivesse que classificar permeabilidade como uma característica da célula, você relacionaria permeabilidade com a estrutura, com a função, ou com ambas? é uma característica puramente estrutural, puramente funcional ou é uma característica estrutural e funcional, ao mesmo tempo?

Luci.- “De ambas. Tipo assim: a estrutura das células cardíacas”.

Entr.- Você saberia dar-me um exemplo de uma variação do meio interno provocando alteração da permeabilidade em função de uma alteração estrutural?

Luci.- “Uma alteração do meio interno variando a permeabilidade da membrana?”



Entr.- Sim, em função de uma mudança estrutural e de funcionamento.

Luci.- não respondeu.

Entr.- A permeabilidade da membrana plasmática é uma característica estrutural ou funcional?

Mai.- “As duas coisas: estrutural e funcional, porque, estruturalmente, a membrana pode transportar por transporte ativo, por difusão e por osmose. Depende de estar precisando da substância que vai entrar”.

Entr.- Como assim, precisando?

Mai.- “Não pode falar necessitar... (riu). Ela não seleciona o que entra e o que sai, né? É tudo uma questão de concentração para passar, tamanho, é nesse sentido”.

Entr.- Como você caracteriza permeabilidade?

Luc.- “A membrana é formada por ligações químicas. As alterações nessas ligações deixam passar alguns íons”.

- Relacionam os tipos de transporte de substâncias químicas através da membrana plasmática (ativo e passivo), principalmente com gasto de energia, mas também com determinadas características e propriedades da matéria viva, tanto da membrana como do meio interno. Essas relações, porém, não são concomitantes;

- Não conceituam as várias formas de transporte de substâncias químicas através da membrana plasmática, bem como suas diferenças, através de relações entre algumas das propriedades físico-químicas da matéria viva.

Entr.- Se você tivesse que classificar hoje para mim as formas de transporte de substâncias através da membrana plasmática, como faria?

Kat.- “De transporte? Tem [há] transporte com gasto de ATP, que usa ATP de energia e os que não gastam. Seria assim o transporte ativo, como por exemplo a bomba de sódio e potássio, e os que não gastam energia que seriam os transportes passivos”.

Entr.- Que idéia você tem de célula? elas são iguais, são diferentes na estrutura e na função?

Kat.- “As células são diferentes na estrutura e na função. A composição dos líquidos pode variar de acordo com a alimentação que a gente ingere (...) assim, se a gente come um alimento, então, a composição dos líquidos muda, certo? a composição da célula vai variar de acordo com... **ela vai selecionar o que pode e o que não pode.** Isso vai depender da interação físico-química da célula e então a composição do líquido interno da célula pode variar. O externo, a estrutura, vai depender da interação físico-química, do diâmetro dos poros”.

Her.- “Transporte ativo e passivo. O passivo pode ser por difusão ou por osmose”.

Mar.- “Transporte ativo, com gasto de energia e o passivo, sem o gasto de energia. **O passivo, como não gasta energia, depende do gradiente de concentração**”.

Iza.- “Transporte ativo e transporte passivo por difusão”.

Entr.- Quais são os tipos de transportes passivos?

Kat.- “A osmose e a ... esqueci”.

Entr.- E a difusão?

Kat.- “É”.



Entr.- O que determina realmente a difusão? Por que a gente diz que ele é passivo? Esquece o gasto de energia. Se você tivesse que citar fatores que determinam a difusão, o que diria?

Kat.- "Seria assim, depende da concentração. Depende das diferenças".

Her.- "A diferença de concentração. No caso da difusão, o transporte seria de partículas sólidas".

Iza.- "Transporte passivo... não lembro".

Sand.- "Controlado pela textura da membrana, pela constituição da membrana, pela pressão..."

Lili.- A permeabilidade mesmo da membrana. A estrutura. Todo transporte é determinado pela... não, não é todo. Deixa [me] eu ver. **A difusão no caso seria determinada pela estrutura da membrana, certo?** então, para que possa ocorrer a passagem, só [é necessário o gradiente] em termos de gradiente de concentração de soluto. Isso [nesse caso] a difusão simples. (...) para ter a difusão você tem que ter uma membrana que permita a passagem, tem que ter uma dada concentração dessa [dessas] substâncias que vai [vão] passar, a quantidade. Em termos de difusão facilitada, a quantidade de carreadores presentes na membrana para poder combinar e a substância entrar na célula e, isso tudo, a favor do gradiente. Agora, o [no] transporte ativo, ocorreria uma combinação dessa substância com o carreador, mas isso vai acontecer mesmo contra o gradiente. Agora a osmose é a passagem do solvente".

Entr.- Se você tivesse que enumerar todos os fatores que interferem na permeabilidade, como faria?

Mai.- "Todos os fatores? vamos ver... a concentração do meio, por exemplo, as diferentes concentrações dos meios. Vamos supor: a concentração do meio intracelular e



a concentração do meio extracelular... eu estou pensando aqui, no caso, como se fosse uma difusão facilitada, por aí, mais ou menos, a passagem dessas substâncias em meios diferentes. A concentração seria um fator”.

Entr.- Você saberia citar outro [fator]?

Cel.- “Acho meio difícil”.

Conceitos relacionados com as *propriedades físico-químicas do meio interno*

- Demonstram conhecimento do tipo de substâncias químicas presentes nos líquidos orgânicos, porém não quantificam tais substâncias nos líquidos intra e extracelulares;

- Não dominam as propriedades elétricas das substâncias químicas presentes nos líquidos orgânicos.

Entr.- Qual é a composição dos líquidos orgânicos, LEC e LIC?

Kat.- “Química? o LEC tem sódio, cloreto. O LIC tem potássio, fosfato também”.

Entr.- E as substâncias orgânicas, não têm?

Kat.- “Dentro do LIC?”

Entr.- Do LIC e do LEC.

Kat.- “Substâncias orgânicas? têm também”.

Entr.- Quais?

Kat.- “Tem os hormônios que circulam. Eles circulam dentro da corrente sanguínea, não é?”

Entr.- No LEC. E o que mais? Quais são os grupos principais de substâncias orgânicas?

Kat.- “Como assim?”

Entr.- As substâncias inorgânicas são os sais. E as orgânicas?

Kat.- "São constituídas por [de] carbono".

Entr.- Isso. E como chamam? elas foram agrupadas. Você se lembra dos nomes dos grupos?

Kat.- "Tem aminoácidos, tem proteínas, tem lipídeos..."

Her.- "O LEC seria o plasma sanguíneo e mais as partículas, uma maior concentração de sódio do que no LIC e também sulfatos".

Entr.- Esses ânions estariam dentro ou fora das células?

Her.- "Fora mas, dentro também. Cloretos, fosfatos, magnésio, várias partículas e maior concentração de potássio [dentro]".

Entr.- Você citou várias substâncias inorgânicas. E as orgânicas?

Her.- "Tem [há] aminoácidos, glicose, carboidratos".

Iza.- "Tem [há] cálcio, potássio, sódio, tem [há] aminoácidos".

Entr.- Substâncias orgânicas, sem ser aminoácidos, você se lembra de alguma?

Kat.- não respondeu. "Eu tinha visto isso muito rápido porque tinha a separação do LEC e do LIC".

And.- "O LIC é predominantemente íons negativos, tem [há] a presença de aminoácidos, glicose".

Entr.- Você saberia dar-me exemplos de íons negativos?

And.- "Fosfatos, o cloreto, sulfatos".

Entr.- E no LEC, o que encontramos?



And.- “Predominantemente íons positivos. Tem [há] proteínas, gorduras”.

Cel.- “Isso sempre foi... o LEC tem potássio e o LIC tem sódio. Como é mesmo? sempre troco”.

Entr.- Não importa. Não precisa ser esse ou aquele. O que há nesses líquidos? [cite] os tipos de substâncias.

Cel.- **“Além desses íons... não sei se esses íons são nutrientes, ou se haveria nutrientes além desses íons. Isso já não sei. Seria mais ou menos por aí: nutrientes, íons... coisas favoráveis às células.**

Antr.- Esses íons têm cargas. Você lembra a carga, por exemplo, do sódio, do potássio, do cloro?

Cel.- “Você [diz] assim: se é positivo ou negativo? Positiva. Depois, o cloro, vai ser negativo”.

Entr.- O potássio é um íon positivo, ou negativo?

Kat.- **“É negativo”.**

Entr.- Qual é a carga do íon sódio?

Mar.- **“Negativa”.**

Entr.- O sódio e o potássio são íons negativos ou positivos?

Kat.- “O sódio é positivo e o potássio... não. O potássio é positivo, e o **sódio [é] negativo**”.

• Utilizam a palavra *diferença* para expressarem o conceito sobre gradiente eletroquímico, mas não explicam a manutenção do gradiente eletroquímico entre os líquidos intra e extracelulares através de relações entre fatores relacionados com as características morfofuncionais da membrana plasmática, relacionados com o metabolismo celular e com as propriedades físico-químicas dos líquidos orgânicos.

Entr.- Defina gradiente.

Kat.- "Seria a diferença".

Entr.- Só de concentração? você usa o termo gradiente para falar das diferenças, por exemplo, de concentração e do que mais?

Kat.- "Eletrogeniônica".

Entr.- Você precisa da membrana separando meios para ter gradiente? ou você pode ter um gradiente independente de ter uma separação?

Kat.- "Acho que tem que ter [haver] a membrana".

Entr.- Por que existe fluxo sanguíneo? o que determina o fluxo?

Kat.- "A pressão".

Her.- "Gradiente é a diferença".

Entr.- Você saberia dar exemplos?

Her.- "Gradiente de concentração e o gradiente elétrico, diferenças de íons".

Mai.- "Gradiente é a diferença. Pode ser tanto diferença-elétrica, como de concentração, diferença iônica".

Entr.- Só iônica?

Mai.- "Molecular também".

Entr.- Que fatores mantêm as diferenças, na composição, entre LEC e LIC? Em qualquer estado funcional, o LEC tem concentrações diferentes?

Sand.- "Os fatores que mantêm essas diferenças? Eu sei que num [em um deles] ele é mais concentrado em potássio e o outro é mais concentrado em sódio".

Entr.- Mas o que mantém esse estado diferente?



Sand.- “Eu sei que essa diferença é para manter a homeostasia”.

Entr.- Mas o que mantêm? por que há sempre sódio mais concentrado fora do que dentro?

Sand.- “Eu não consigo ligar uma coisa com outra. Não seria a permeabilidade da membrana?”

Mai.- (os fatores que mantêm as diferenças entre LEC e LIC). “A membrana não permite a passagem de íons maiores, a membrana e os próprios íons. Também o tamanho dos íons que não passam na membrana. Só isso”.

Luci.- “Os fatores [que mantêm as diferenças entre LEC e LIC] está [estão] relacionados com o metabolismo?”

Entr.- Eu acho que estão. Por quê?

Luci.- “Tem que haver um gradiente de concentração”.

Entr.- Mas quais seriam os fatores que ajudam a manter essa diferença? Na célula há mais sódio fora do que dentro, sempre. Por que esse estado, de sódio em maior quantidade fora do que dentro?

Luci.- “Devido à membrana. Eu acho assim, que o metabolismo interfere”.

Entr.- Mas, de que maneira o metabolismo interfere?

Luci.- “Uma alteração na membrana, no meio interno, vai entrar uma substância. A entrada de uma substância vai alterar o metabolismo celular. Então a célula vai produzir os produtos do metabolismo e isso vai dar diferenças”.

Entr.- Como eles [sódio e cloro] têm concentrações diferentes nos líquidos orgânicos [LEC e LIC], as concentrações de carga também são diferentes. Você saberia me falar como é o gradiente elétrico entre LEC e LIC?



Cel.- “Acho que não”.

Entr.- Eu observo uma célula qualquer em estado de repouso. Eu observo o que ela tem dentro em relação ao líquido intersticial. O que eu vejo é que a concentração de sódio é maior fora do que dentro e a de potássio é maior dentro do que fora. Em relação às cargas, fora é mais positivo que dentro e, então, ela é polarizada. O que determina esse estado de coisas, se você tem uma membrana e os íons podem difundir-se de acordo com os gradientes?

Lili.- “Em função mesmo... a célula vai gastar certas quantidades de substâncias que ela tem para o funcionamento dela, para a manutenção da vida dela e, conseqüentemente, do organismo como um todo. Então, tem [há] o consumo dessa substância e aí em termos de variação de carga, vai, por exemplo, se consumir mais sódio ou mais potássio do que sódio, quer dizer, a célula, internamente, vai ficar mais negativa porque consumiu mais carga positiva em relação ao LEC. É por aí?”

- Utilizam as palavras *força*, *energia* e *trabalho* como sinônimo da palavra *potencial*, porém, sem qualquer relação com a idéia sobre potencial de ação celular;

- Não conceituam o fenômeno *Potencial de ação celular* como um tipo de potencial celular.

Entr.- Como você define potencial?

Kat.- “Capacidade de fornecer energia para um trabalho”.

Entr.- Na célula, o que você chama de potencial?

Kat.- “O potencial de ação?”

Entr.- Não precisa ser o de ação, qualquer potencial.

Kat.- “Na célula, seriam os sinais nervosos”.

Entr.- Quando eu falo em potencial celular, em que você pensa?

Kat.- “Capacidade de fornecer energia para gerar um trabalho”.

Entr.- O trabalho implica movimento. O que significa isso para nós?

Kat.- não respondeu.

Entr.- O que movimenta de um lado para outro na célula?

Kat.- “Os líquidos”.

Entr.- O que é potencial?

Her.- “Seria movimento, idéia de força”.

Entr.- E o potencial de ação?

Her.- “Seria um estímulo que variasse a permeabilidade da membrana, gerando um influxo de sódio”.

Entr.- Como você define potencial?

Mar.- “Seria uma força, energia, uma intensidade de um...”

Entr.- Como você define potencial de ação?

Mar.- “A energia que... (não respondeu)”.

Entr.- Como você descreve o potencial de ação?

Mar.- “Quando você dá um estímulo assim... ah! eu tenho na cabeça só aquele gráfico de potencial. O potencial de ação só começa quando... seria a energia que atinge o limiar de excitação?”

Entr.- O que você pensa sobre potencial?

Sue.- “Trabalho”.

Entr.- O que você entende por potencial?



Iza.- “Eu falei que era capacidade...” (não continuou a resposta)

Entr.- O que é potencial de ação?

Iza.- “Sei que é o desencadeamento”.

Entr.- Se você tivesse que descrever o potencial de ação, você conseguiria? o que caracteriza o fenômeno do potencial de ação?

Iza.- “Influxo de sódio e efluxo de potássio. Quando tem [há] muito potássio dentro, é negativo a carga iônica dentro da célula...”

Entr.- Você saberia dizer o que é potencial celular?

Sand.- “Potencial celular é esse gradiente de concentração de um em relação ao outro, essa diferença de concentração”.

Entr.- Então você acha que potencial é gradiente? é a mesma coisa?

Sand.- “Não. Espera aí. Esse é potencial de membrana”.

Entr.- Quando eu falo assim: potencial do LEC. De que estou falando?

Sand.- “Seria a energia que ele tem, capaz de promover... sei lá... de manter a célula viva, de promover a interação da célula, de um líquido em relação a outro”.

Entr.- O que você imagina que seja potencial?

Mai.- “Potencial?... aí...”

Entr.- Potencial elétrico.

Mai.- “Capacidade do tecido... não sei explicar o que é isso”.

Entr.- E potencial de ação?



Mai.- “Ah!, sim. São fenômenos que ocorrem nas células que vão fazer a transmissão do impulso nervoso. Então você [a célula] vai a [para] hipermeabilidade, para ocorrer a entrada de sódio e com isso vai ser transmitido o impulso nervoso. É uma maneira de o organismo responder a diferentes estímulos”.

Entr.- Hoje, você tem a idéia de potencial?

And.- “Potencial seria uma capacidade, uma vontade... aí depende. Como no potencial de ação, é a capacidade de o sódio poder entrar na célula”.

Entr.- Eu poderia falar em energia necessária para provocar movimento?

And.- “Isso. Energia, força”.

Entr.- E o que é potencial de ação?

And.- “Potencial de ação seria o influxo do sódio na célula”.

Conceituações de *organismo vivo do ponto de vista funcional*

- Conceituam o organismo como um *sistema aberto*.

Entr.- O organismo é um sistema aberto ou fechado? por quê?

And.- “É um sistema aberto porque ele está interagindo com o meio externo, o ambiente”.

Entr.- O que caracteriza um sistema aberto?

And.- “Estar recebendo influências de todo o meio externo”.

Entr.- Você pode ter, por exemplo, esta régua aqui (mostrando uma régua escolar). Ela está recebendo influências do ambiente externo.

And.- “Mas o nosso organismo tem influência e mexe com toda a estrutura dentro dele, todo o funcionamento dentro dele”.

Luci.- “Aberto porque ele está em contato com o meio externo”.

Entr.- O que caracteriza um sistema aberto?

Luc.- “Essa interação com o meio. O organismo precisa da alimentação para ativar as reações químicas”.

Luci.- “Eu tinha a idéia de fechado, morfológicamente”.

Entr.- Só que, quando eu perguntava fisiologicamente, você não fazia a separação, isso? agora você passou a pensar no organismo funcionando, é isso?

Luci.- “É. Fisiologicamente ele é aberto porque faz trocas”.

Lili.- “[Hoje eu penso] é tudo contrário. Como, por exemplo, o sistema nervoso, você tem interação do organismo com o meio. Percepções que você tem do meio vão influenciar o teu [seu] funcionamento interno. Em termos de sistema digestivo, também. O respiratório, o ar que você tira de fora passando para dentro do teu [seu] corpo”.

Entr.- Isso tudo que você falou, são entradas. E as saídas?

Lili.- “Respiratório também, em termos de expiração. Os rins com a eliminação da urina. As glândulas também”.

Ce.- “Hoje eu vi que ele é um sistema aberto, ou seja, o meio externo... uma, que ele tem entradas e saídas como



nós vimos: a alimentação, a digestão, processos de excreção. Quer dizer, o meio externo pode influenciar no meio interno, no organismo. Hoje eu vejo que ele não é uma parte fechada”.

Conceituações espontâneas, baseadas apenas em experiências de vida

- Justificam a ocorrência de determinados fenômenos e processos biológicos através de uma lógica interna da qual não participam exemplos particulares de vida ou sociais;

- A ocorrência dos fenômenos investigados é justificada, principalmente, pela idéia da “necessidade de manutenção da homeostasia”;

- Descrevem determinados fenômenos e justificam-nos através de relações com outros processos e fenômenos biológicos ou, ainda, através de relações com determinadas características estruturais da matéria viva. Porém, sem explicitar o domínio de propriedades da matéria viva inerentes a sua natureza físico-química preconcebida nessa área do conhecimento científico.

Entr.- Em relação ao transporte de substâncias você deve acreditar em outra coisa, em outros fatores que não a necessidade e que fazem com que as substâncias passem de um lado para outro.

Lili.- “Pelo que aprendi, é a famosa homeostasia, certo? então, conforme há um desequilíbrio no funcionamento dessas células, cada uma com a sua estrutura, cada uma com o seu tipo de funcionamento, a sua atuação no organismo. Tudo tendendo a manter a homeostasia, esse equilíbrio do organismo

todo, senão ocorresse [ocorreria] um desequilíbrio, seria uma disfunção”.

Entr.- Mas esse equilíbrio de que você fala é equilíbrio em que termos? [É] de substâncias, de quantidades, de tipos de substâncias, do que é?

Lili.- “Seria o tipo de substância presente tanto dentro como fora das células, a quantidade presente, o grau de ionização dela”.

Entr.- A carga elétrica dela?

Lili.- “É coisa do [professor] Machado mesmo”.

Entr.- E você disse que sabe que as células não são iguais. O que você acha que muda de um tecido para outro? No que você acha que as células são diferentes?

Lili.- “Na estruturação delas”.

Entr.- E o que você chama de estruturação?

Lili.- “Ai, professora!”

Entr.- Eu quero saber o que você entende por estrutura.

Lili.- “A composição, a constituição toda dela. Por exemplo, em termos de membrana. Uma sendo mais permeável a uma determinada substância do que a outra, certo?”

Entr.- E você saberia me falar da idéia que tem dessa permeabilidade? o que faz com que uma célula não seja permeável a determinadas, e outras células sejam? o que faz com que elas tenham permeabilidade diferentes? [células diferentes com permeabilidades diferentes].

Lili.- “Deixa [me] eu pensar um pouquinho. Hum... não sei. Bom, saber eu sei mas não sei falar. As vezes a gente tem a idéia montada e não consegue passar. Tipo assim: como eu falei da constituição da membrana não é a mesma em todas as células, tem também o tipo de substância a entrar ou

sair. Se a estrutura da membrana varia, não é porque, (vamos supor) entrou sódio numa célula, é que vai entrar na outra [célula de tipo diferente]. Pode ser até que seja, mas o grau de dificuldade pode ser maior ou menor. Agora, o que leva a variação dessa estrutura... é isso que você quer saber, não é?"

Entr.- (em relação aos fatores que alteram a permeabilidade celular). Você saberia dizer como realmente se altera essa permeabilidade? qual é a ação da temperatura na permeabilidade? porque ela [a célula] fica mais permeável? porque os canais de sódio se abrem?

Lili.- "Ai, professora, não consigo entender o que a senhora pergunta".

Entr.- Quais os fatores que ajudam a manter as diferenças entre os líquidos intra e extracelulares?

Luci.- "Devido à membrana. Eu acho assim, que o metabolismo interfere".

Entr.- Mas, de que maneira o metabolismo interfere?

Luci.- "Uma alteração na membrana, no meio interno, vai entrar uma substância. A entrada de uma substância vai alterar o metabolismo celular. Então a célula vai "produzir os produtos" do metabolismo e isso vai dar as diferenças".

Entr.- A concentração das substâncias no LEC e no LIC são diferentes embora a natureza das substâncias seja a mesma. O que mantém essas diferenças?

Her.- "Seriam os mecanismos específicos para manter a homeostasia".

Entr.- Por que há sempre maior concentração de sódio fora do que dentro e de potássio maior dentro do que fora?



Her.- “É mantido pelo transporte ativo... e... Não estou entendendo... O que mantém?”

Entr.- Quais são os fatores que contribuem para esse estado de coisas. Se você analisa uma célula em repouso, observa que existem substâncias presentes em maior concentração no LEC, quando comparada com o LIC e outras mais no LIC que no LEC. Tanto que a somatória das cargas dentro [da célula] é diferente da somatória das cargas elétricas fora. A célula é polarizada. O que mantém esse estado?

Her.- “Seriam as próprias características físico-químicas das células e das substâncias”.

Entr.- O que diferencia realmente as várias formas de transporte de substâncias através da membrana plasmática?

Her.- “A permeabilidade celular, as características físico-químicas, as interações de tudo, produção, utilização de matéria, de partículas, está sempre variando. Isto vai gerar transporte”.

Entr.- Em relação às variáveis do meio, você acha que as variáveis ambientais, tanto do ambiente externo como do biológico, podem modificar a estrutura das células, das membranas celulares?

Sand.- “Modifica porque, na medida em que for, por exemplo, se você ingerir um remédio químico, ele pode alterar porque a célula também é química. Nosso corpo por dentro é, todo químico, então ele pode alterar, pode ter uma reação lá dentro e alterar”.

Mai.- “Ah! ela pode, ser alterada sim. Se a gente ingerir alguma coisa tóxica, ela vai absorver. Se ela absorve, pode interferir na célula, lesar o tecido”.

Conceituações de *mecanismos neurogênicos e miogênicos*

• Conceituam alguns dos mecanismos de funcionamento e controle orgânicos através de relações entre formas gerais e específicas de funcionamento dos diversos sistemas orgânicos e levam em consideração as variações dos ambientes externo e interno.

Entr.- O que são mecanismos neurogênicos e miogênicos para você?

Mai.- “São mecanismos do sistema nervoso os quais controlam todo o organismo”.

Entr.- E os miogênicos?

Mai.- “Dos músculos”.

Entr.- O que é um mecanismo?

Mai.- “Forma de funcionamento e controle do organismo”.

Luci.- “São sistemas que agem em conjunto para manter o corpo em equilíbrio”.

Entr.- Mas o que são mecanismos neurogênicos?

Luc.- “São as interações dos neurônios com o meio”.

Luci.- “Neurogênico é o geral mesmo. O sistema nervoso integra tudo. Qualquer milímetro da gente tem terminações nervosas e o cérebro, o integrador, é informado de tudo. Qualquer interação do organismo, ele vai estar recebendo essa informação, integrando e mandando as respostas. Os miogênicos? o nosso corpo é constituído praticamente de músculos: cardíacos, viscerais... qualquer variação na musculatura vai ter [dar] uma resposta”.

Entr.- E os miogênicos?

Lili.- “Seria o funcionamento. Neurogênico, o trabalho do sistema nervoso em relação às outras partes do organismo”.

Entr.- Só do organismo?

Lili.- “Não, do meio externo também. Do meio externo que permite a interação do meio externo e interno”.

Entr.- E os mecanismos miogênicos?

Lili.- “Seriam os músculos”.

Entr.- Você acha importante estudar mecanismos miogênicos, da mesma forma que estudar os neurogênicos?

Lili.- “É difícil falar que um é mais importante que o outro porque, pelo que entendi, funciona tudo em conjunto”.

Entr.- Então é mais difícil analisar de forma separada?

Lili.- “Eu acho. Se uma pessoa me perguntar qual você acha melhor estudar, mais importante, [eu responderia] não tem [há] o que é mais importante porque o músculo é tudo. Como é que faz o funcionamento do cérebro se não tem bombeamento do sangue até o cérebro para oxigenar, entendeu?”

Her.- “São mecanismos que servem para captar variações do meio externo e transmitir em nível de respostas para o organismo. Os mecanismos miogênicos são as formas de funcionamento dos músculos”.

Mar.- “São processos, são formas de funcionamento”.

Mai.- “É a forma de atuação do sistema nervoso, como um todo, nas diferentes partes do corpo. Ele está em todos os lugares”.

Entr.- E os miogênicos?



Mai.- “É a forma como agem os músculos, também em todas as partes do corpo”.

Entr.- Você achou importante estudar os mecanismos miogênicos? por quê?

Mai.- “Achei porque os músculos controlam, mantêm o estado de equilíbrio durante a homeostasia do organismo e dá informações para o sistema nervoso para exercer a defesa do organismo”.

Entr.- E no caso dos músculos lisos? Você achou importante estudar os mecanismos de contração dos músculos lisos?

Mai.- “Achei porque eles próprios reagem, não precisam de... voluntariamente, eles próprios realizam o seu trabalho de condução. O liso está na parede do intestino. Sozinhos realizam os movimentos peristálticos, segmentares. Apesar que tem [de haver] a influência de nervos, mas é tudo involuntário. (...) todas as vísceras têm músculos lisos e eles acabam participando do funcionamento específico de cada órgão. Por isso, é importante estudar”.

4.6 Análise estatística dos resultados de aprendizagem dos sujeitos, obtidos através dos pré e pós-testes

A Figura 08 da página 136 mostra o histograma construído com base nas porcentagens médias de acerto em questões dos testes objetivos, aplicados antes e após a implementação da proposta metodológica de ensino na disciplina Fisiologia Geral.

A análise estatística destes resultados revela que:

1. As porcentagens médias de acerto dos estudantes em questões de múltipla escolha, respondidas antes

da implementação da proposta metodológica, para cada bloco de questões (A), (B) e (C) são estatisticamente diferentes.

2. A porcentagem média de acerto em questões do Bloco (A) é significativamente maior que a porcentagem média de acerto em questões dos blocos (B) e (C).

3. As porcentagens médias de acerto em questões dos Blocos (B) e (C) são estatisticamente iguais.

4. As porcentagens médias de acerto em questões de múltipla escolha dos Blocos (A), (B) e (C), respondidas pelos estudantes após a implementação da proposta metodológica de ensino, não apresentam diferença significativa.

A comparação dos dados resultantes das duas mensurações, temporalmente distintas, da mesma amostra, resultados do pré e pós-testes, revela que em cada Bloco de questões respondidas em cada momento, existe uma diferença significativa entre as porcentagens médias de acerto. As porcentagens médias de acerto dos estudantes para cada bloco de questões mostraram-se significativamente maiores após a implementação da proposta metodológica de ensino na disciplina Fisiologia Geral.

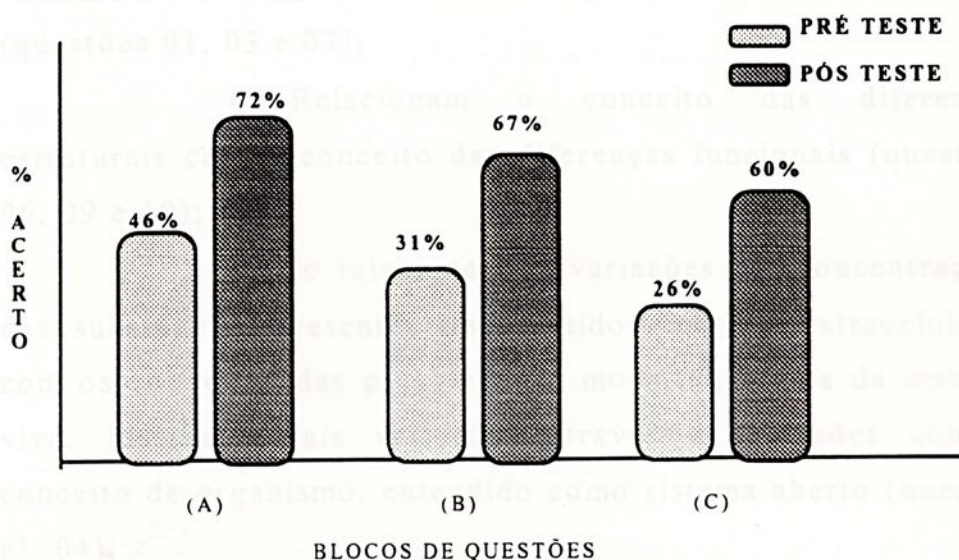


FIGURA 8 - Resultados comparativos do pré e pós-testes

4.7 A aprendizagem significativa dos sujeitos demonstrada através do uso de relações conceituais

A análise das respostas dos estudantes às questões inseridas nas avaliações sistemática indica que os estudantes aprenderam significativamente os conteúdos instrucionais da disciplina Fisiologia Geral. A maioria deles utiliza os conceitos novos, construídos ou transformados durante a implementação da proposta metodológica de ensino nas explicações sobre formas de funcionamento e controle biológicos, embora em nível primário de causalidade dada a falta de domínio sobre os principais atributos da matéria viva, as propriedades físico-químicas.

A análise das respostas dos estudantes dadas às questões inseridas nas avaliações sistemáticas da disciplina nos permite afirmar que os estudantes:

- Conceituam o organismo vivo do ponto de vista funcional através de relações entre o conceito do organismo vivo e o conceito dos sistemas abertos e em equilíbrio dinâmico (questões 01, 03 e 07);

- Relacionam o conceito das diferenças estruturais com o conceito das diferenças funcionais (questões 06, 09 e 10);

- Não relacionam as variações nas concentrações das substâncias presentes nos líquidos inter e extracelulares com os conceitos das propriedades morfofuncionais da matéria viva. Justificam tais variações através de relações com o conceito de organismo, entendido como sistema aberto (questão nº. 04);

- Não explicam o aparecimento do potencial celular (questão 05);

- Relacionam os conceitos dos mecanismos gerais e específicos de funcionamento e controle orgânicos para explicar a homeostasia orgânica (questões de número 02, 08, 11, 12, 13, 14 e 16);

- Exemplificam de maneira particular e significativa os mecanismos gerais e específicos de funcionamento e controle orgânicos (questão de número 15);

As transcrições das respostas dos estudantes ilustram para o leitor o nível de domínio e o uso dos conceitos e relações por parte dos estudantes, a respeito das estruturas conceituais do corpo de conhecimento selecionado para análise na pesquisa.

- Conceituam o organismo vivo do ponto de vista funcional. Relacionam o conceito de organismo com o conceito dos sistemas abertos em equilíbrio dinâmico.

Questão nº. 01: Descreva as principais características de um sistema aberto e em equilíbrio dinâmico.

Respostas:

“Um sistema aberto é caracterizado por apresentar seus processos intercomunicando-se com o meio externo. Seus mecanismos de funcionamento interno só se realizam com o auxílio do meio ambiental em que se encontram. Logo, conclui-se que um sistema aberto não pode funcionar

isoladamente, mas sim em conjunto com outros sistemas. Desta maneira, é capaz de manter-se em equilíbrio dinâmico”.

“Um sistema aberto sofre a cada momento influências do meio e está em constante troca com este. Esse sistema se mantém em homeostasia devido à presença de mecanismos de controle, que fazem a manutenção desse equilíbrio”.

Questão nº. 03: Explique o porquê do organismo humano poder manter a homeostasia em vários estados funcionais.

Respostas:

“A homeostasia, que é o estado de equilíbrio dinâmico do organismo, mostra-se sobre vários estados funcionais do organismo em razão deste não apresentar um funcionamento sempre da mesma maneira, logo, o metabolismo celular é diferente implicando nas variações diversas, porém levando à homeostasia. Resumindo, há vários estados de homeostasia, pois o funcionamento do organismo não é sempre igual”.

“O organismo humano pode manter a homeostasia em vários estados funcionais devido ao controle de concentração do líquido intra e extracelulares do organismo através do transporte desses líquidos pelas membranas celulares, devido às diferenças de gradiente iônicos encontrados na membrana da célula”.



“O organismo humano pode manter a homeostasia em vários estados funcionais porque dispõe de mecanismos gerais e específicos cuja função é manter constante a composição do meio interno do organismo em qualquer disfunção ou alteração do estado normal”.

Questão nº. 7: Por que as formas de funcionamento dos diversos tipos de musculatura podem ser consideradas mecanismos de coordenação funcional?

Respostas:

“Sabendo-se que os mecanismos miogênicos são formados por três tipos de músculos, liso, cardíaco e esquelético, pode-se afirmar que eles se encontram presentes em todo o corpo. Assim sendo, podem coordenar o funcionamento de todo o organismo, uma vez que são capazes de reagir às variações ocorridas diante dele como se fosse uma informação ao organismo que seu [cujo] estado de funcionamento se encontra alterado, levando-o a “atuar” de maneira diferente, levando o organismo a homeostasia”.

“As formas de funcionamento dos diversos tipos de musculatura podem ser consideradas mecanismos de coordenação funcional porque coordenam as funções tais como: a função do coração, que é a de bombear o sangue para todo o corpo; a função do tubo digestivo, coordenando os movimentos peristálticos; coordenando a micção, eliminando os produtos finais da excreção”.



“Porque realizam funções específicas e gerais por todo o organismo sendo indispensáveis para o funcionamento homeostático no geral ou em lugares definidos. Coordenam as funções de todas as vísceras, esqueleto e coração”.

• Relacionam as diferenças estruturais com as diferenças funcionais

Questão nº. 06: Explique as diferenças entre os valores de potencial de repouso encontrados nos diferentes tipos de células (musculatura lisa, esquelética, cardíaca e nervos).

Respostas:

“As diferenças do potencial de repouso celular entre os vários tipos de fibras musculares e, também, entre os nervos, aparece devido à diferença na constituição destes, isto é, são estruturas que atuam de maneira diferente, que são compostas por células diferentes, sendo assim o potencial de repouso delas, conseqüentemente não pode ser igual”.

“As diferenças entre valores de potencial de repouso celular nos diferentes tipos celulares, é devido às diferenças da membrana celular, pois esta, sendo constituída física e quimicamente, é diferente nos vários tipos celulares”.

Questão nº. 09: Cite e explique os fatores que determinam as diferenças funcionais entre os vários tipos de musculatura (lisa, cardíaca e esquelética).



Resposta:

“As diferenças funcionais são determinadas por diferenças estruturais existentes entre as musculaturas. A musculatura esquelética possui estriações, retículo sarcoplasmático bem desenvolvido e uma bomba de cálcio muito ativa, por isso suas contrações são muito rápidas quando comparadas com as da musculatura lisa e cardíaca. Para se contrair, requer muita energia, daí termos grande quantidade de mitocôndrias entre suas fibras. O potencial de ação dessa fibra é em “spike”. Na musculatura lisa, as fibras estão desorganizadas, daí o seu nome. Suas contrações são lentas, pois seus retículos sarcoplasmáticos são pouco desenvolvidos, a bomba de cálcio funciona lentamente e também possui poucas fibras de miosina. Possui características como a de arrasto e plasticidade, o que garante o funcionamento dos órgãos viscerais. Outra diferença funcional seria a sua auto-excitabilidade que pode se dar pela distensão do músculo. E o peristaltismo do intestino e dos vasos sanguíneos, explicado pela disposição das células em sincício, transmitindo os potenciais de ação de uma célula a outra.

A musculatura cardíaca apresenta contrações rápidas, a disposição de suas células em forma de sincício permite a propagação dos potenciais de ação mais rapidamente. A auto-excitação se faz pela hiperpolarização das membranas de suas células. O seu potencial de ação é em forma de platô e pode ser explicado pelo grande número de íons sódio e cálcio que penetram na célula”.



Questão nº. 10: Que tipos de fatores podem bloquear as contrações musculares lisas, cardíacas e esqueléticas? Justifique.

Respostas:

“As contrações musculares podem ser bloqueadas por vários fatores como: interrupção de uma via aferente evitando que o potencial de ação chegue até o órgão processador ou que esse potencial de ação chegue até o órgão efetuator. Doenças que causem a degeneração da placa motora. Podem ser impedidas também pela má nutrição, pela falta de íons cálcio no organismo, deficiência nos retículos sarcoplasmáticos e também por fatores que a inibição da contração (da ligação entre actina e miosina)”.

“Fatores endógenos, [como, por exemplo] escassez do retículo sarcoplasmático. A falta do retículo sarcoplasmático faz com que haja saída dos íons cálcio que ativa o mecanismo da contração muscular. Fatores exógenos, quando os receptores de estímulos das vias aferentes ou eferentes estão bloqueados fazendo com que os estímulos não cheguem aos receptores. Dessa maneira não há como ter contrações musculares.

Quando houver deficiência da proteína actina-miosina, pois sem o mecanismo do complexo do deslizamento da actina-miosina, não há contração muscular”.

• Não explicam as variações das concentrações das substâncias presentes nos líquidos intra e extracelulares através de inter-relações das

propriedades morfofuncionais da matéria viva (célula e meio interno) e as propriedades físico-químicas do ambiente

Respostas:

Questão nº. 04: Cite e explique alguns dos fatores que contribuem com a manutenção do gradiente eletrogeniônico entre LEC e LIC.

Respostas:

“Um dos fatores principais de manutenção do gradiente é a diferença de concentração de íons, existentes nas membranas celulares, proporcionando-se assim o controle das partículas que pode [podem] entrar e as que não podem”.

“Como no LIC é mais eletropositivo e no LEC é mais eletronegativo, existe uma tendência do sódio passar para fora e do K para dentro, deixando positivo de fora e negativo de dentro, dessa forma o Potencial de ação age até voltar ao normal (até atingir o limiar de excitação) ou hiperpolarizar”.

“O LEC é o líquido que banha todas as células do organismo, fazendo as trocas de nutrientes e outras substâncias. A manutenção do gradiente eletrogeniônico é necessária para que haja equilíbrio. Os principais fatores são: o potencial de membrana celular, a ingestão de substâncias químicas, o metabolismo celular”.

Questão nº. 05: Explique o que são mecanismos

• Não explicam o aparecimento do potencial celular

Respostas:



Questão nº. 05: Explique o aparecimento do *potencial celular*.

Respostas:

“Potencial celular é o potencial que a célula tem em estado de repouso e a manutenção é feita sempre que alguma alteração no ambiente provoca um desequilíbrio entre o LEC e o LIC. O organismo então reage para que seja restabelecido o equilíbrio (homeostasia) entre os líquidos”.

“Todas as membranas possuem uma carga, uma ddp. encontrada fora e dentro das paredes da membrana. Devido a essa ddp é que ocorre a seleção das substâncias que entram ou não na célula”.

“Potencial celular é igual potencial de repouso. Todo e qualquer estímulo possui um potencial celular porque, se não houver este potencial nunca desencadeará o potencial de ação. O potencial celular pode ter diversos valores de acordo com o estímulo recebido”.

- Relacionam os conceitos sobre formas gerais e específicas de funcionamento e controle orgânicos para explicar a homeostasia orgânica

Questão nº. 02: Explique o que são mecanismos gerais e específicos de funcionamento e controle de um sistema em equilíbrio dinâmico.

Respostas:



“Mecanismos gerais são conjuntos de processamento que funcionam com a finalidade de controlar mecanismos específicos de modo geral, como o próprio nome diz. Esses mecanismos específicos são processos realizados por órgãos apropriados que possuem uma função específica a ser realizada, daí o seu nome. Embora sejam “específicos”, funcionam de maneira interligada a outros órgãos do sistema. Tem-se como exemplo de mecanismos gerais os neurogênico, miogênico e humoral. Como mecanismos específicos, desses citados, tem-se o sistema nervoso, muscular e humoral, respectivamente”.

“Os mecanismos gerais são aqueles que funcionam no sentido de controlar as inter-relações dos diferentes órgãos. Está dividido em miogênico, humoral e neurogênico. Os mecanismos específicos são aqueles que atuam a nível local no organismo e, provavelmente, esses se relacionam com um mecanismo geral.

Exemplo: (mecanismo geral)

Uma pessoa sofre uma forte pressão em um dos membros, isso vai gerar um estímulo que passará pelas fibras nervosas e chegará ao cérebro e este dará a resposta na área afetada. Se supusermos que houve um hematoma, teremos mecanismos específicos das células dessa área, usados para contornar a situação”.

Questão nº. 08: Discorra sobre a importância de se estudarem mecanismos gerais e específicos de funcionamento e controle orgânicos.

Respostas: os estímulos e, posteriormente, transmite respostas a nível muscular e/ou glandular.

“A importância de se estudarem os mecanismos gerais de controle está no fato de podermos analisar o funcionamento do organismo num todo, verificando, de forma geral, as respostas emitidas por ele quando “exposto” às variações internas e/ou externas. Em relação ao estudo do controle específico, podemos fazer uma avaliação da maquinaria orgânica, de maneira mais detalhada, ou seja, visando a detalhes ou pontos específicos de cada sistema em estudo. Esses dois [tipos de] mecanismos, gerais e específicos caminham lado a lado, uma vez que um tem forte influência sobre o outro. Por exemplo, o mecanismo miogênico (geral), agindo sobre o mecanismo [de funcionamento] do sistema digestivo (específico) que apresenta musculatura lisa em sua constituição. Portanto, alterações em tais musculaturas levam a variações no funcionamento do sistema digestivo. Pode, também, vir a acontecer o contrário, isto é, o mecanismo específico agindo no funcionamento do sistema nervoso. Este [o sistema nervoso], é responsável pelo [pela coordenação do] bombeamento e irrigação do sangue, mas uma vez em mal funcionamento, as funções gerais do sistema nervoso serão “totalmente” alteradas, porque é o sangue que faz o transporte de nutrientes e resíduos do metabolismo orgânico”.

“É muito importante o estudo dos mecanismos gerais e específicos pois é através da interação deles que o organismo humano consegue adaptar-se às variações físico-químicas do meio ambiente.

Isso acontece do seguinte modo: o sistema nervoso capta as variações ambientais através dos neurônios

especializados (recebe os estímulos) e, posteriormente, transmite respostas a nível muscular e/ou glandular”.

“A importância é que esses mecanismos atuam em conjunto para manter a homeostasia corporal, mantendo nosso organismo em equilíbrio com o meio externo e interno”.

“As funções orgânicas dependem do controle específico e dos mecanismos gerais que interferem nos específicos para manter a homeostasia orgânica. O órgão pode se auto regular ou depende da influência dos nervos, hormônios, etc. Ex.: o intestino aumenta o peristaltismo por auto-regulação ou influência de nervos”.

Questão nº. 12: Explique por que é correto afirmar que os hormônios participam do mecanismo geral de controle metabólico e, conseqüentemente, da manutenção da homeostasia orgânica.

Respostas:

“Os hormônios são substâncias químicas orgânicas produzidas pelo próprio organismo. Cada uma, porém, atua a sua maneira, uma vez que apresentam suas próprias células alvo. Interferem no metabolismo celular por serem capazes de atuar na síntese de proteínas de suas células alvo. Tal síntese pode ser dada por indução enzimática, onde o hormônio se combina com o seu receptor, a nível de membrana plasmática, para que possa entrar na célula. Já no citoplasma, tal combinação, hormônio-receptor ativará uma enzima, a adenil ciclase, que irá promover a degradação de ATP em AMP-



cíclico. Este, por sua vez, irá penetrar no núcleo desta célula levando à síntese proteica. Ou ainda, o hormônio pode vir a entrar na célula sem a ajuda de um receptor a nível de membrana plasmática. Ou seja, este entra na célula e, já no citoplasma, irá combinar-se com um receptor que irá transportá-lo até o núcleo onde irá atuar na síntese de proteínas.

Os hormônios agem também de maneira muito íntima com relação a variação da permeabilidade da membrana celular. Sendo assim, interferem fortemente com a [na] troca de substâncias entre LIC e LEC.

Portanto, [além disso, os hormônios são] sendo os hormônios um dos responsáveis pela síntese proteica e, ainda, é um fator que estimula a variação da permeabilidade celular, induzindo as trocas de substâncias, e está ligado, de maneira íntima, com a homeostasia do organismo”.

“Os hormônios fazem parte de um mecanismo geral de controle (humoral), daí a sua grande importância no controle metabólico e na manutenção da homeostasia. Basta citarmos que os hormônios têm importante papel na variação da permeabilidade da membrana plasmática celular. E, ainda, é através de um hormônio (do crescimento) que as células **sintetizam aminoácidos** [proteínas] para o crescimento do organismo. Outra interferência direta de hormônio no metabolismo é o exemplo do tireoestimulante que produz efeito no seu aumento.

A homeostasia do organismo também só é mantida devida a grande influência dos hormônios que são liberados das glândulas quando há uma variação no meio interno a qual é percebida pelo sistema nervoso, e este transmite sinais nervosos em nível glandular para manter o equilíbrio interno”.



“Como já foi explicado na questão anterior, uma vez que o hormônio é lançado na corrente sanguínea para o organismo, ele irá atuar no metabolismo de determinado órgão (por exemplo: ADH, no sistema renal), ou no metabolismo das células de todo o organismo (por ex: GH - hormônio de crescimento e tiroxina que atua em todo o metabolismo celular), a homeostasia tende a manter-se devido ao “feed-back” estabelecido entre o órgão alvo e a hipófise (no sentido de inibir ou estimular a liberação de hormônios)”.

Questão nº. 13: Cite e explique mecanismos gerais de controle de funções específicas do aparelho digestivo como, por exemplo, a de condução de alimentos.

Respostas:

“O mecanismo de condução de alimentos, realizado pelo aparelho digestivo, sofre influências dos mecanismos gerais de controle (neurogênicos, miogênicos e humorais). Isto acontece uma vez que a condução do alimento, realizada principalmente pela boca e esôfago, é dada por movimentos, isto é, contração dos músculos. Tais contrações ocorrem de maneira voluntária (musculatura estriada da língua e sistema nervoso central) ou de maneira involuntária, que apresenta a musculatura lisa presente no esôfago, estômago e intestino, além de outros locais. O controle destas contrações, portanto, é dado pelo S.N.A. [sistema nervoso autônomo], com suas descargas de adrenalina e/ou acetil colina atuando nos músculos. Para a condução do alimento não bastam apenas as contrações musculares, é necessária também, a secreção de



saliva (boca) que atuará no umedecimento do alimento e, ainda, a secreção de muco favorecendo o deslizamento do bolo para os demais órgãos que compõem o aparelho digestivo”.

“Mecanismos miogênicos na condução do alimento. Os músculos da língua empurram o bolo alimentar através do esôfago e este possui pequenos movimentos que empurram o alimento para o esôfago. O estômago possui movimentos leves de mistura para que os alimentos possam ser digeridos. No intestino, os movimentos de condução são controlados pelo estímulo de estiramento que o bolo alimentar causa.

Os humorais [mecanismos] controlam a digestão através da secreção de hormônios que irão atuar em locais específicos do sistema digestivo para onde o bolo alimentar vai passando, fazendo com que ele seja quebrado em partículas menores e possa então ser conduzido para outras partes do trato digestivo”.

“Mec. [mecanismos] miogênicos: é através de movimentos da língua que o alimento vai para a faringe e esses movimentos são controlados pelo sistema nervoso (mec. neurogênico) e à medida que o alimento passa pelas fauces. Receptores sensoriais, situados nessa região, transmitem sinais para o tronco cerebral, para provocar o reflexo da deglutição. Quando o alimento atinge o esôfago, ele distende suas paredes estimulando o plexo mioentérico a produzir ondas peristálticas (miogênico) que forçam o alimento até o estômago.

Mec. [mecanismo] humoral: a saliva tem importantíssimo papel na condução do alimento, pois seu muco

lubrifica o alimento e ainda, existem amilases como a ptialina que iniciam a digestão de carboidratos”.

Questão nº. 14: Uma função específica de um determinado sistema orgânico pode interferir em um mecanismo geral de controle de funções?

Respostas:

“Como já foi dito, sabe-se que os mecanismos gerais de controle funcionam relacionando-se com os mecanismos específicos. Ocorrendo, pois, alterações em um dos mecanismos, tem-se por consequência a variação do outro. Logo, um mecanismo específico pode vir a atuar sobre um mecanismo geral de controle. Por exemplo, o mal funcionamento do sistema renal, interferindo no equilíbrio do sistema humoral. Caso a depuração do sangue esteja ocorrendo de maneira desregrada, ou a absorção do filtrado seja desregulada, a concentração dos líquidos que circulam pelo organismo fica totalmente alterada levando assim a outros tipos de disfunções no organismo, além da humoral”.

“Sim. Por exemplo, quando ocorre uma disfunção num sistema específico, por exemplo, **hormonal**. Na insuficiência de insulina, a glicose que não é absorvida fica na circulação, interferindo na concentração do humor circulante, também. Como consequência, o humor banha todas as células e mesmo havendo glicose no sangue, mas não insulina para que possa ser utilizada, a glicose nas células, estas, por sua vez, apresentarão deficiência de glicose, o que alterará o metabolismo celular. É por isso que todos os sistemas estão

interligados no organismo, todos cumprindo a sua função ao mesmo tempo contribuindo para a homeostasia do organismo”.

Questão nº. 16: Explique o papel dos mecanismos gerais e específicos de funcionamento e controle orgânicos na homeostasia do organismo humano durante um estado funcional qualquer.

Respostas:

“Num estado funcional em que o metabolismo celular é aumentado, por exemplo, por atividades físicas intensas, os mecanismos gerais detectam, ou seja, são ativados devido à alteração e, conseqüentemente, interferem nos mecanismos específicos que vão atuar aumentando também suas atividades para que, neste novo estado, o organismo adquira um estado de equilíbrio, ou seja, a homeostasia nesse novo estado funcional”.

“Durante o estado de atividade ou [de] repouso [físico], o meio interno deverá ser sempre constante. São os mecanismos gerais e específicos que controlam a homeostasia. Assim, se há maior queima de glicose e produção de CO_2 , o [os] sistema [sistemas] respiratório e circulatório, vão estar em maior atividade para suprir as células de O_2 e retirar CO_2 ”.

“Com o aumento do metabolismo, há aumento na concentração de CO_2 no sangue, o que estimula quimiorreceptores localizados no coração [sistema cardiovascular] e pulmão. Essa estimulação excita centros de mecanismos gerais no cérebro os quais mandam suas respostas,

fazendo com que haja maior frequência cardíaca e respiratória e aumento também na filtração renal, pois há uma acumulação [um acúmulo] de ácidos e restos metabólicos no sangue. Com todos esses mecanismos interagindo-se [interagindo], a homeostasia volta ao normal”.

“Os mecanismos gerais e específicos atuam no controle do equilíbrio do organismo à medida que este vai recebendo influências do meio, as quais implicam variações internas no organismo; estas, por sua vez, gerarão estímulos para o centro integrador que emitirá respostas a [em] nível glandular e ou muscular.

E [os] mecanismos específicos, como a própria manutenção da vida a [em] nível celular através do metabolismo, são da mesma importância para a homeostasia”.

- Exemplificam, de maneira particular e significativa, os mecanismos de funcionamento e controle orgânicos

Questão nº. 15: Dê exemplos de alterações no funcionamento específico dos sistemas orgânicos, abaixo relacionados, que determinam alterações metabólicas. Justifique suas respostas.

- a. sistema cardiovascular
- b. sistema respiratório
- c. sistema renal
- d. sistema hormonal
- e. sistema digestivo

Respostas:



Lili.- “c) (renal) uma alteração no sistema renal, por exemplo, a deficiência na reabsorção do filtrado, pode levar a um acúmulo de íons H^+ na circulação sanguínea, levando à acidose. Pode ser, também, que ocorra uma reabsorção de líquido muito grande podendo ocorrer “extravasamento” deste para os interstícios levando ao inchaço.

a) (cardiovascular) caso ocorram alterações no sistema cardiovascular quanto ao bombeamento sanguíneo, por exemplo, um bombeamento precário do débito cardíaco, todo o organismo passará a ter uma dada deficiência com relação à concentrações de nutrientes, como sais, H_2O , gases, etc... além de outras alterações.

e) (renal) uma alteração, por exemplo, produção excessiva de ADH, ocorrerá uma retenção de H_2O muito grande nas células. Sabendo que gradiente de pressão gera transporte, a H_2O irá passar para os interstícios, ocorrendo o inchaço do indivíduo.

b) (respiratório) uma carência quanto às trocas gasosas realizadas pelo sistema respiratório pode levar ao acúmulo de gases que irão provocar desequilíbrio em todo o organismo. Por exemplo, uma alta concentração de CO_2 pode levá-lo a reagir com H_2O , formando ácido H_2CO_3 . Este ácido, por ser instável, dissocia-se formando H^+ e HCO_3^- . Assim sendo, o cúmulo de íons H^+ na circulação leva à acidose do organismo [o organismo à acidose], conseqüentemente morte dos tecidos.

f) (digestivo) sendo o sistema digestivo responsável pela condução, digestão e absorção de alimentos, uma disfunção nesse sistema pode desencadear um desequilíbrio em todo o organismo. Ou seja, não havendo boa digestão

alimentar, a reabsorção das substâncias que serão aproveitadas pelo organismo também não será de bom índice, portanto, poderá haver déficit na nutrição celular”.

Sand.- “Sistema cardiovascular: uma alteração no carregamento de oxigênio, pode ser falta de hemoglobina, por exemplo. Isso vai fazer com que pouco oxigênio seja levado aos tecidos, pois estes se ligam à hemoglobina, causando uma acidose.

b) sistema respiratório: um problema de ventilação vai diminuir a entrada de O_2 e alterar a concentração dos líquidos intersticiais.

c) sistema renal: uma deficiência nos néfrons vai causar uma diminuição da filtração dos líquidos. Os líquidos então ficam em abundância no organismo o que causa um aumento de pressão.

e) sistema hormonal: os hormônios podem, de várias formas, alterar as concentrações dos líquidos fazendo com que estes fiquem mais ou menos concentrados, variando a permeabilidade das membranas, etc.

f) sistema digestivo. (não respondeu).”

Her.- “b) sistema respiratório: Uma patologia como a pneumonia prejudica enormemente as trocas gasosas entre os capilares e os alvéolos, gerando uma diminuição na quantidade de O_2 no organismo, dificultando, então, a produção de energia no interior da célula.

c) sistema renal: uma nefrite que dificultaria a filtração do plasma sanguíneo, permitiria uma alteração na concentração de partículas que seriam excretadas mas que

voltam para a circulação e, conseqüentemente, interferem no gradiente do LIC e LEC, alterando, pois, o metabolismo celular.

d) sistema nervoso: uma hidrocefalia que aumentasse a pressão dentro da caixa craniana e comprimisse os vasos sanguíneos que irrigam as células nervosas, acarretaria uma maior dificuldade na troca de nutrientes entre os neurônios e o LEC do vaso.

e) sistema hormonal: uma disfunção na glândula tireóide que gere o aumento na produção do hormônio tiroestimulante. Já que este hormônio funciona como catalisador nas reações químicas do organismo, esse aumento resultaria na aceleração do metabolismo celular.

f) sistema digestivo: uma disfunção na produção de enzimas do tipo maltase dificultaria a absorção de açúcar pelo organismo, pois "cadeias de carboidratos grandes não conseguem transportar-se para o interior das células".

Kat.- a) cardiovascular. Ex: quando há diminuição do fluxo de sangue que passa das artérias para as veias, haverá déficit no volume sanguíneo que chega ao coração, resultando na alteração dos nutrientes, aumento de CO_2 no sangue, aumento da acidez, alterando a homeostasia corporal.

b) Ex: quando há diminuição da frequência respiratória, ocorre acúmulo de CO_2 no sangue, correndo-se o risco de o organismo entrar em acidose, e, para que o pH volte ao normal, é necessário maior oxigenação e aumento da frequência cardíaca.

c) sistema nervoso: qualquer alteração no S.N.[sistema nervoso], poderá acarretar uma desorganização e alteração no metabolismo de algumas partes do corpo, como por exemplo, uma alteração na hipófise, fará com que essa perca



[perda] o controle na produção dos hormônios, fazendo com que haja o desequilíbrio do controle corporal.

d) sistema hormonal. Ex: com a inibição da função do hormônio antidiurético, não haverá retenção de água, sendo assim, o corpo poderá ficar desidratado, caso não haja reposição de água.

f) sistema digestivo: uma alteração, por exemplo, no pâncreas, poderá acarretar diminuição na produção de insulina, sendo assim, haverá aumento de glicose no sangue, por não haver retenção da mesma (glicose), o que provoca diabete”.

Cel.- “sistema renal: aumento de Na^+ , conseqüentemente terá alterado o mecanismo da sede e aumentará a ingestão de líquido.

Sistema hormonal: uma alteração na glândula secretora dos hormônios sexuais, conseqüentemente, afetará o metabolismo do organismo. Ex: alteração do hormônio FSH, poderá, na mulher, trazer alterações relacionadas ao processo da menstruação”.

Luci.- “Sistema cardiovascular: uma alteração de pressão, por exemplo, pode alterar o metabolismo celular fazendo com que cheguem mais ou menos nutrientes para as células (depende se for alta ou baixa pressão).

b) sistema respiratório: uma disfunção respiratória pode ter como conseqüência a variação do pH, conseqüentemente, as células serão prejudicadas no seu metabolismo.

c) sistema renal: se há alteração no sistema renal cuja função principal é eliminar os excretas, ou seja, os produtos finais do metabolismo celular, através da filtração,

reabsorção de substâncias, pode alterar-se o metabolismo celular, em que, por exemplo, as células se “intoxicarão” com seus produtos tóxicos como uréia, ácidos, amônia, etc...

d) sistema nervoso: como o S.N.[sistema nervoso] é controlador de praticamente todo o organismo, qualquer que seja a alteração, provocará uma disfunção em um sistema específico, por exemplo, o qual, por sua vez, também vai interferir no metabolismo celular.

e) sistema hormonal: uma disfunção numa glândula, por exemplo, na tireóide, interfere diretamente no metabolismo celular. Outro exemplo é uma insuficiência de insulina que também trará alterações no metabolismo celular.

f) sistema digestivo: o sistema digestivo apresentando alguma disfunção principal deste sistema é digerir e absorver os alimentos para que possa haver nutrição do organismo, ou seja, para que as células possam ser supridas dos nutrientes que são utilizados no metabolismo celular”.

Luc.- “a) sistema cardiovascular: um aumento no metabolismo celular aumenta a necessidade de nutrientes, o que aumenta o fluxo sanguíneo, o débito cardíaco, assim o bombeamento do coração.

b) sistema respiratório: o aumento do metabolismo celular aumenta o consumo de O_2 e excreção de CO_2 , isto estimula quimiorreceptores para que haja aumento na frequência respiratória.

c) sistema renal: com o aumento do metabolismo há aumento de concentração de ácidos na corrente sanguínea, com isso, a vasoconstrição das arteríolas eferentes do glomérulo. Com essa vasoconstrição aumenta a pressão no

glomérulo fazendo com que ocorra maior filtração e eliminação de ácidos.

d) sistema nervoso: com a modificação da concentração de substâncias no organismo, quimiorreceptores são estimulados e levam mensagens ao sistema nervoso central que agirá sobre glândulas e órgãos como um mecanismo de controle geral, fazendo com que esses realizem ou mudem funções.

e) sistema hormonal: quando aumenta a concentração de sais no sangue, sua osmolaridade aumenta, fazendo com que a pressão sanguínea fique maior do que as [das] células. Nas células, há passagem de água para os interstícios. Com esse mecanismo, ou para que a célula não se desidrate, o ADH é lançado, aumentando a permeabilidade da célula à água: àquela, então, começará a absorver água do interstício, provocando também a sede.

f) sistema digestivo: o aumento da temperatura no aparelho digestivo faz com que os movimentos peristálticos aumentem, diminuindo a absorção e o metabolismo das células digestivas”.

And.- “a) aumento da pressão arterial. Ocasiona um aumento da circulação sanguínea, aumento de débito cardíaco e gera mais potenciais de ação proporcionando aumento da frequência de batimentos cardíacos.

b) aceleração da frequência respiratória. Essa aceleração leva o indivíduo a um estado de alcalose, o que gera a diminuição de hemoglobinas livres no sangue (que ainda não se combinaram), para que se combinem com o oxigênio.

c) inibição do hormônio ADH. O ADH promove a reabsorção da água, ocasiona um aumento na concentração

iônica do plasma podendo levar o indivíduo a um estado de desidratação.

d) lesão de uma fibra nervosa. Como a função do S.N. (sistema nervoso) é conduzir impulsos, com a lesão de uma fibra, os impulsos deixarão de ser conduzidos para a região onde se dirigia a fibra.

e) tumor hipofisário: vai impedir a liberação dos hormônios hipofisários, impedindo assim a produção dos hormônios de cada região”.

f) não respondeu”.

Marl.- “Sist. cardiovascular: numa atividade física, aumenta a frequência cardíaca para que os tecidos recebam quantidade aumentada de sangue e nutrientes para repor o gasto energético.

b) sist. respiratório: se houver diminuição nas trocas gasosas, a célula vai receber menos O_2 , então seu metabolismo estará diminuído.

c) se não ocorrer filtração normal nos néfrons, então há o aumento no volume plasmático que pode acarretar aumento de P.A. [pressão arterial]. Essa pressão pode vazar [acarretar extravasamento de] líquido para os interstícios da célula [das células].

d) se lesar os nervos que chegam até um tecido, então a célula não terá meios de defender-se de agressões externas (temperatura, picada) e pode morrer.

e) a grande produção de tiroxina pela tireóide leva a um aumento acentuado no metabolismo celular.

f) se o intestino estiver com grande peristaltismo o bolo alimentar vai passar com grande velocidade, o que não

vai permitir boa digestão e absorção de alimentos. A célula vai ficar lesada de nutrientes”.

Mar.- “durante o ciclo cardíaco, a variação de volume que entra nos átrios e ventrículos pode causar problemas na circulação, pois se entrar pouco sangue nos átrios e ventrículos, não vai ter pressão suficiente para a entrada de sangue para a artéria aorta, pois essa passagem pela artéria aorta depende da pressão existente no ventrículo e este, do volume sanguíneo.

b) o aumento da concentração de CO_2 no organismo faz com que formem [ácido carbônico] íons bicarbonato. O [ácido carbônico] bicarbonato quebra-se, liberando H^+ , fazendo com que altere o pH do organismo, dando acidez.

c) a construção da artéria eferente faz [aumentar] que aumente a pressão do filtrado nos capilares glomerulares, aumentando o volume de filtrado na Cápsula de Bowann, com isso vai haver maior volume urinário.

e) por exemplo, na [a] falta dos hormônios da tireóide, faz com que a pessoa seja menos ativa, tenha muito sono, preguiça. Pois o T_3 e o T_4 aumentam o consumo de O_2 , e, conseqüentemente, o metabolismo celular. Na escassez do hormônio tiroeideano, o metabolismo da pessoa fica diminuído.

f) quando o intestino de uma pessoa não consegue absorver os nutrientes, ela fica desidratada, pois o intestino não consegue absorver H_2O e, ao defecar ela solta líquido”.

d) não respondeu”.

Iza.- não respondeu.



Sue.- "a) fluxo dos tecidos. Por ex. [exemplo]: como os tecidos dependem por exemplo de O_2 , quando há falta de O_2 nos tecidos de uma região do corpo, haverá aumento de fluxo sanguíneo nesses tecidos.

b) frequência respiratória depende da concentração de H^+ . Por exemplo: quando há alta concentração de H^+ , aumenta-se a frequência respiratória, para que o O_2 combine com o H^+ e forme H_2O .

c) quando a pressão arterial de um indivíduo está alta, devido a uma alta concentração de Na^+ . Para que a pressão volte ao normal, é necessário que se diminua a concentração de Na^+ . Para isto, é ativado o centro da sede que fará com que o indivíduo beba H_2O , aumentando o volume sanguíneo e, assim, diminuindo a concentração de Na^+ que será eliminado pela excreção da urina. (***)

e) quando um indivíduo leva um susto, isto irá desencadear uma descarga de adrenalina e, conseqüentemente, produzir alterações metabólicas.

f) quando um indivíduo apresenta tumor no intestino delgado, isto irá impedir que depois de digerido pelo estômago, os nutrientes do bolo alimentar sejam absorvidos pelo intestino e, conseqüentemente, irá determinar alterações metabólicas".

4.8 A avaliação dos sujeitos sobre a vivência da proposta metodológica de ensino

Ao terminarem o estudo na disciplina Fisiologia Geral, durante as entrevistas clínicas, os estudantes, estimulados a relatarem suas idéias sobre a vivência da proposta

metodológica de ensino na disciplina Fisiologia Geral, afirmaram majoritariamente ter sido a experiência bastante válida, por acreditarem ter contribuído para a *transformação de conceitos e idéias, alteração de hábitos de estudo* e para a *satisfação pessoal*.

Para a maioria deles o uso dos mapas conceituais na disciplina serviu como um instrumento de estudo e os ajudou na integração dos conceitos instrucionais da disciplina.

A vivência da proposta metodológica de ensino na disciplina Fisiologia Geral, de acordo com os estudantes, facilitou também a integração de conhecimentos com outras disciplinas, entre elas, a Anatomia Geral. No entanto, acreditam que a seriação da estrutura curricular deva ser alterada e propõem que o estudo de conteúdos específicos sobre a estrutura viva, em seus aspectos morfológicos, deva ser anterior ao estudo de conteúdos específicos sobre o funcionamento orgânico.

A nossa vivência no processo de ensino nos permite afirmar que os estudantes, realmente, demonstram ausência de significados através de imagens, tanto em nível macroscópico como em nível microscópico.

Quanto à importância das sessões de discussão em grupo vivenciados pelos estudantes, demonstram acreditar terem sido momentos da vivência do método que permitiram a integração do conhecimento, a reestruturação de conceitos e o esclarecimento de dúvidas.

As transcrições de trechos da fala dos estudantes entrevistados fundamentam nossas afirmações a respeito da vivência da proposta metodológica de ensino na disciplina Fisiologia Geral.



Entr.- O que você achou do curso de Fisiologia, em termos de aprendizado? Foi um curso que instigou a sua curiosidade, levantou dúvidas e mostrou o quanto você sabia e o quanto você não sabia?

Lili.- “Muitas, (referindo-se ao levantamento de dúvidas). Mostrou mais o quanto eu não sabia porque, sabe, você tem uma visão e, de repente, começa a ver mais um monte de... chega a ser curiosidade porque é uma coisa tão nossa e você quer saber cada vez mais. Pelo menos aconteceu isso comigo. Você ouve uma certa coisa e, de repente, você se lembra que pode estar acontecendo com você. Aí, você vai atrás para saber mais a fundo. É uma coisa que provoca curiosidade. É de interesse de todo mundo”.

Cel.- “Houve muita evolução. As coisas que acontecem no cotidiano eu já relaciono. Ah! isso é por causa disso... isso é por causa daquilo outro... É uma coisa assim que eu acho que se não estivesse no curso de Fono, não estaria completo”.

Luci.- “Eu acho que evolui bastante. Nossa, professora, eu sou encantada pelo organismo. Eu acho maravilhoso. Nós estudamos anatômica e fisiologicamente. Porque é você (seu próprio corpo), você tem que saber tanto o seu lado emocional típico, como o funcionamento. E, também, o que me chamou atenção, foi o estudo, a didática. Todas as matérias estão relacionadas... a gente estudava as coisas muito separado”.

Entr.- Em relação ao método de estudo. Você utilizou os mapas conceituais?



Lili.- “Todos. Não há um em branco”.

Kat.- “Usei. Eles ajudam no estudo porque através dos mapas você tem uma visão geral de tudo (...) eu acho que você entendendo os mapas, entendeu a matéria”.

Entr.- Você acha que é uma maneira eficiente (o estudo com mapas conceituais)? Os mapas funcionam como guias de estudo?

A forma como organizei a disciplina foi muito diferente da forma de apresentação dos conteúdos contidos nos livros didáticos. Eu tinha consciência de que isso poderia causar alguma dificuldade para vocês, apesar de haver indicado toda aquela bibliografia e haver organizado os conteúdos em mapas conceituais.

Lili.- “Eu acho. Facilita muito. Pelo menos para mim não causou tanta dificuldade, mesmo sendo diferente a sua organização e a dos livros. Com o mapa, depois da leitura que você indicou, a melhor maneira que tem [há] é você sentar e amarrar tudo mesmo junto com o mapa. Você não pode estudar tudo, saber um monte de coisas mas não interligar nada. O mapa foi a forma que eu achei melhor de se relacionarem as coisas e relacionar um mapa com outro. Não só relacionar as coisas que estão num mesmo mapa”.

Cel.- “É uma coisa estranha que aconteceu com todo mundo. A gente não conseguia ler um livro e entender. A gente não conseguia organizar as nossas idéias. Sempre tivemos aquele esquema de decorar. Então, prá gente [para

nós] é [foi] meio difícil. Mas eu acho que com o auxílio dos mapas, facilitou”.

Luci.- “Eu acho que vale [a pena], ajuda [no estudo]. Não tive dificuldade porque eu via o mapa, as divisões que havia no mapa, voltava ao livro e voltava ao mapa”.

And.- “Fica difícil assim, como eu, que no colegial estudava tudo separadinho e, então, fica difícil relacionar tudo, mas ajuda sim”.

Her.- “Facilita quando acompanhado das explicações. Eu utilizava os mapas depois de ter dado uma olhada na matéria. Então, olhava assim, como recordação, um resumo”.

Sand.- “Eu acho que vale a pena sim. Agora que, conforme eu fui evoluindo, fui estudando, agora eu olho o mapa, eu sei integrar. Sei dizer como estão colocadas as coisas. Acho que, no começo, assustei um pouco”.

Entr.- Em relação às outras disciplinas, você acha que a forma como organizamos a disciplina as relações com a Anatomia, Histologia, Biofísica ficaram facilitas?

Lili.- “Com Biofísica deu para relacionar muitíssimo. Com a Anatomia também, apesar de ser... do que você deu hoje você ver dois dias depois em Anatomia. Seria mais fácil ter anatomia primeiro para depois ver Fisiologia. Saber primeiro a organização das partes do teu corpo para depois você ligar ao funcionamento mesmo.

Agora, com Biologia, Histologia, Citologia, não falo nada, deixo em aberto, sou neutra no assunto”.

5.2 Considerações gerais

Cel.- “Certos tópicos sim. Principalmente o que a gente viu no segundo semestre. Essa segunda parte que a gente viu no segundo semestre, depois de ter visto Anatomia, consegui relacionar bem. Como já tinha visto Anatomia, ficou nem mais fácil”.

Sand.- “A anatomia devia ser dada antes. Muita coisa que você deu, por exemplo, as estruturas do tálamo, que ia prá cá e prá lá, eu não entendia nada. Agora que a gente está vendo na Anatomia, agora estou entendendo. Voltei lá ao Guyton para ler. Eu acho que é mais válido você conhecer a estrutura para depois conhecer o funcionamento dela. Saber como funciona sem saber onde ela está, deixa você meio perdida”.

Entr.- Você acha que as sessões de discussão em grupo foram proveitosas?

Sand.- “Eu acho que funcionou sim. Muitas vezes eu lia o livro e não entendia. Não conseguia responder uma pergunta e, então, chegava às sessões, e eu entendia, dava para integrar o mapa, o funcionamento de um mecanismo com o outro. Agora, achei difíceis as questões. Não consigo entender as relações das questões”.



5 DISCUSSÃO

5.1 Considerações gerais

Nossa análise sobre a transformação conceitual ocorrida com os estudantes do Curso de Fonoaudiologia da UNESP, Câmpus de Marília, baseia-se nas alterações de determinados aspectos estruturais e funcionais cognitivos que identificamos na maioria dos sujeitos, antes e após terem se submetido à proposta metodológica de ensino na disciplina Fisiologia Geral. Alguns desses aspectos referem-se à evolução da imagem que os sujeitos expressaram a respeito da estrutura biológica e à evolução do princípio lógico que utilizaram nas explicações dos fenômenos biológicos. Esse último aspecto cognitivo funcional nos possibilitou, também, reflexões a respeito da alteração do nível de causalidade dos sujeitos.

O estudo comparativo desses aspectos cognitivos, identificados em dois momentos na pesquisa e, a análise dos aspectos organizacionais (seleção, hierarquização e sintaxe) dos conteúdos instrucionais com os quais os sujeitos interagiram tanto em nível de segundo grau quanto na disciplina Fisiologia Geral dá-nos fortes indícios de uma influência substantiva desses fatores nos processos de construção e transformação conceitual.

As evidências das relações entre tais fatores do processo de construção e transformação conceitual, no campo das Ciências Biológicas, explicitam-se nos resultados obtidos através deste estudo.

Assim, a análise das características estruturais e funcionais do conhecimento dos estudantes antes e após a implementação da proposta metodológica de ensino e dos



aspectos organizacionais dos conteúdos instrucionais com os quais interagiram, tanto em nível de segundo como de terceiro graus de escolaridade, demonstra: 1. os níveis de domínio conceitual dos estudantes, a respeito de célula, meio interno e mecanismos de funcionamento e controle orgânicos, mostraram ser de 46%, 37% e 27%, respectivamente, em momento anterior ao da implementação da proposta metodológica de ensino. Porém, após a vivência do método mostraram-se em torno de 71%, 67% e 60%. O maior aumento no nível de domínio conceitual observado foi, principalmente, daqueles conceitos e relações que se apresentaram praticamente ausentes nos materiais escritos, utilizados por eles em nível de segundo grau, ou seja, dos conceitos de meio interno e mecanismos de funcionamento e controle orgânicos; 2. a sintaxe do conhecimento demonstrado pelos estudantes antes da implementação da proposta metodológica explicitou-se de forma errônea e *isomorfa à sintaxe dos conteúdos instrucionais dos livros-texto utilizados por eles*; 3. após a implementação da proposta metodológica de ensino, houve transformação do princípio lógico utilizado pelos estudantes nas explicações dos fenômenos biológicos investigados na pesquisa. Tais fenômenos foram estudados através de conteúdos instrucionais, privilegiados na organização do programa de ensino da disciplina Fisiologia Geral ao qual se submeteram os estudantes em nível de terceiro grau.

A análise estatística dos resultados obtidos através dos pré e pós-testes indica um aumento significativo, tanto no nível de domínio de conceitos e relações pertinentes às duas estruturas conceituais investigadas na pesquisa, indicadas pelas letras (A) e (B) no corpo de conhecimentos que selecionamos para análise, como no nível de domínio de



significados de maior nível de generalidade, sobre funcionamento e controle orgânico. Esses significados de maior nível de generalidade foram avaliados nos pré e pós-testes, através das questões do Bloco (C), e estão representados no corpo de conhecimentos selecionado para análise na pesquisa, pelas palavras *organismo vivo* (Fisiologia). Na implementação dos conteúdos instrucionais da disciplina Fisiologia Geral foram denominados *mecanismos gerais e específicos de funcionamento e controle orgânicos*.

A análise estatística das diferenças entre as porcentagens médias de acerto, por estudante, nas questões de múltipla escolha dos Blocos (A), (B) e (C), antes e após a implementação da proposta metodológica de ensino, confirma as nossas conclusões, a respeito da evolução do conhecimento dos estudantes, obtidas também através da análise dos resultados das entrevistas clínicas. Os dois instrumentos de avaliação revelaram as mesmas alterações nas características cognitivas dos estudantes, antes e após a implementação da proposta metodológica.

O nível de domínio conceitual dos estudantes, a respeito de célula, mostrou-se significativamente maior que o nível de domínio dos conceitos de meio interno e funcionamento de controle orgânico, em momento anterior ao da implementação da proposta metodológica de ensino. Por outro lado, após a implementação da proposta metodológica de ensino, houve aumento significativo em todos os níveis de conceitos investigados. Além disso, os níveis de domínio, após a implementação da proposta metodológica, mostraram-se semelhantes e estatisticamente iguais.

Esses resultados apontam para a efetividade da proposta metodológica de ensino na transformação do



arcabouço conceitual dos estudantes, tanto a respeito da estrutura conceitual *chave* sobre *meio interno*, identificada inicialmente como ausente, como na transformação de conceitos e idéias errôneas a respeito da estrutura e funcionamento do organismo vivo.

De acordo com os pressupostos construtivistas, a evolução de conceitos que apresentam um nível de generalidade menor, como aqueles considerados *chaves* na pesquisa, é dependente da evolução de conceitos e de relações conceituais mais gerais a que se subordinam na estrutura conceitual dos sujeitos cognoscentes. Assim, o aumento no nível de domínio de conceitos sobre mecanismos de funcionamento e controle orgânicos promoveu a evolução de conceitos mais específicos, sobre célula e meio interno, de níveis menor de generalidade.

Para Vygotsky (1991), os conceitos novos e mais elevados transformam o significado dos conceitos inferiores.

Os resultados da pesquisa confirmam a nossa hipótese e apontam a efetividade do emprego dos pressupostos construtivistas do conhecimento humano na elaboração e implementação de propostas metodológicas que objetivam a transformação conceitual dos estudantes através da aprendizagem significativa.

As relações entre as formas de conceituações dos estudantes e os aspectos organizacionais dos conteúdos instrucionais com os quais os estudantes interagiram antes e após a implementação da proposta metodológica de ensino, evidenciam a influência desses aspectos interacionistas no processo de construção e transformação do conhecimento dos mesmos.

A nossa análise a respeito dos livros-texto, possivelmente utilizados pela maioria dos estudantes em nível



de segundo grau, demonstra um predomínio de assuntos relacionados com a célula, do ponto de vista da estrutura, em relação a conteúdos relacionados com meio interno e mecanismos de funcionamento e controle orgânicos. Por outro lado, em momentos que antecederam a implementação da proposta metodológica, identificamos na fala dos estudantes formas de descrição e explicações dos fenômenos transmembrana, baseadas exclusivamente em determinados aspectos físicos das estruturas celulares. Os estudantes demonstraram ausência de conceitos relacionados, tanto com meio interno como com mecanismos de funcionamento e controle orgânicos.

A sintaxe errônea dos conteúdos instrucionais dos livros-texto, utilizados pelos estudantes em nível de segundo grau, explica os fenômenos transmembrana como fenômenos de natureza puramente física e é a mesma que identificamos na maioria dos estudantes. Essa relação de pertinência entre o conhecimento explicitado nos materiais escritos, utilizados por eles e o conhecimento que identificamos na maioria dos sujeitos *caracteriza um isoformismo estrutural sintático entre o conhecimento dos estudantes e aquele expresso nos livros-texto, possivelmente utilizados pela maioria deles.*

Os resultados da pesquisa demonstram que a manipulação deliberada dos aspectos organizacionais do conteúdo instrucional da disciplina, com a finalidade de proporcionar a interação do conhecimento prévio dos estudantes e o conteúdo novo que se deseja seja aprendido, facilita a aquisição de conhecimentos de natureza científica. Os estudantes tiveram seus níveis de domínio conceitual aumentados, principalmente daqueles conceitos e relações que se apresentaram com níveis de domínio mais baixos.



Estes resultados são condizentes com os pressupostos de teorias construtivistas da aquisição do conhecimento, ou seja, de que a gênese do conhecimento está na interação entre os fatores endógenos e exógenos do processo de aprendizagem, entre o arcabouço conceitual dos aprendizes e os aspectos organizacionais do ambiente, entre eles, a seleção, a hierarquização e implementação dos conteúdos instrucionais programáticos das disciplinas.

Para Ausubel e seguidores, o tipo de interação caracteriza o tipo de aprendizagem a que se submetem, mecânica ou significativa e determina as características estruturais e funcionais do arcabouço conceitual dos estudantes.

Conforme mostram os resultados da pesquisa, indicados na Figura 5 da página 82, a estrutura conceitual comum à maioria dos estudantes em momento anterior ao da implementação da proposta metodológica mostrou-se incompleta, fragmentada, construída através de conceituações errôneas, conceitos esses de natureza predominantemente espontânea, em nível apenas representacional, de acordo com a teoria ausubeliana de aprendizagem e ensino.

Após a implementação da proposta metodológica na disciplina Fisiologia Geral, conforme mostram os resultados indicados pela Figura 7 da página 110, os estudantes refizeram vários conceitos que haviam sido identificados inicialmente como errôneos e abandonaram idéias errôneas utilizadas anteriormente por eles nas justificativas sobre as causas dos fenômenos biológicos e, ainda, construíram significados anteriormente ausentes.

Embora não tenha sido objeto de análise específica na pesquisa a identificação da presença do significado sobre homeostasia orgânica na estrutura conceitual dos



estudantes, os resultados da pesquisa, antes da implementação da proposta metodológica de ensino, indicam que os estudantes apresentavam, no arcabouço conceitual, significados errôneos a respeito do funcionamento orgânico e, também, ausência de significados genéricos sobre a estrutura da matéria viva. São esses significados que, de acordo com a sintaxe do conhecimento científico nesta área, possibilitam abstrações sobre mecanismos de controle funcional orgânico. No entanto, após a implementação da proposta metodológica, embora em nível primário de causalidade, o conhecimento dos estudantes a respeito do controle funcional também se explicitou consonante com a sintaxe do conhecimento científico.

A análise das respostas dos estudantes às questões dissertativas, incluídas nas avaliações sistemáticas da disciplina Fisiologia Geral, também revela a efetividade da proposta metodológica de ensino na transformação conceitual através também da facilitação da aprendizagem significativa dos sujeitos. Conforme mostram os resultados, os estudantes aprenderam significativamente.

5.2 Análise de determinados aspectos estruturais e funcionais específicos, do conhecimento dos sujeitos, identificados antes e após a implementação da proposta metodológica de ensino

Os resultados deste estudo mostram que, entre os conceitos que se apresentaram inicialmente errôneos na estrutura cognitiva dos estudantes, identificamos o conceito de organismo vivo, do ponto de vista funcional, conceito esse de maior nível de generalidade na hierarquia conceitual do corpo

de conhecimentos que selecionamos para análise na pesquisa. Este conceito se explicitou na fala dos estudantes, inicialmente relacionado com a idéia de sistemas fechados, do ponto de vista físico, condição esta que tornaria o organismo inalterado frente às variações físico-químicas do ambiente, expressando assim uma idéia errônea sobre a natureza funcional biológica. Posteriormente, ao se submeterem à proposta metodológica de ensino na disciplina Fisiologia Geral os estudantes demonstraram o conceito de organismo relacionado com a idéia de *sistema aberto*, concebido de natureza físico-química, susceptível a variações.

Os resultados obtidos através das questões de múltipla escolha, do pré e pós-testes e, das entrevistas clínicas, indicam que houve alteração substancial no nível de domínio conceitual dos estudantes após a implementação da proposta metodológica de ensino. A Figura 8 da página 136, indica os níveis de domínio conceitual dos estudantes, antes e após a implementação da proposta metodológica de ensino.

A idéia errônea inicial dos estudantes sobre a natureza da estrutura biológica mostrou-se também na pesquisa através da descrição da estrutura viva denominada membrana plasmática. Esta estrutura é de dimensão microscópica e foi representada pelos sujeitos através de imagens que representam objetivos visíveis, de grande dimensão, de natureza morta e, muito provavelmente, já manipulados por eles.

A imagem expressa por eles a respeito dessa estrutura mostrou-se, portanto, em nível representacional primário, isomorfa, em seu aspecto físico, à imagem de objetos de natureza morta ("veuzinho furadinho", "peneira").



Essa forma de representação indicou a ausência de significados de natureza científica a respeito da natureza da estrutura viva, no sistema conceitual dos estudantes.

Após a implementação da proposta metodológica, os estudantes demonstram dificuldade em representar a membrana plasmática. Tal comportamento dos sujeitos nos dá fortes indícios da alteração no significado dessa estrutura.

Entre os conceitos de menor nível de generalidade que investigamos e que se apresentaram inicialmente errôneos, identificamos os conceitos de *Permeabilidade celular* e de *Transporte de substâncias químicas através da membrana*. Esses conceitos se mostraram relacionados, de forma errônea, com as idéias sobre “utilidade” e “necessidade” de transporte e assimilação de substâncias pela célula, conforme indicado no mapa conceitual da estrutura cognitiva comum à maioria dos estudantes em momento anterior ao da implementação da proposta metodológica (Figura 5 da página 82). Por outro lado, ao classificarem os vários tipos de transporte de substâncias, ativos ou passivos, os estudantes utilizaram como critério de classificação apenas a suposta necessidade de gasto de energia.

Entretanto, posteriormente, tais conceitos se explicitaram na fala dos estudantes, relacionados também com determinados atributos funcionais da matéria viva ou com a idéia de *necessidade de manutenção da homeostasia orgânica*.

Já os conceitos pertencentes à estrutura conceitual indicada pela letra (B) na Figura 1 da página 46, referentes ao meio interno orgânico, foram identificados, inicialmente, como totalmente ausentes.

A ausência dessa estrutura conceitual, no sistema conceitual de 100% desses estudantes na área das Ciências

Fisiológicas, inviabiliza a aquisição de significados, tanto a respeito da estrutura como do funcionamento do organismo vivo, uma vez que o conceito de meio interno integra a sintaxe do conhecimento científico na área do conhecimento da Fisiologia.

Após a implementação da proposta metodológica da disciplina Fisiologia Geral, alguns dos conceitos sobre meio interno orgânico se explicitaram, ainda que de forma incompleta, na fala dos estudantes. Entre eles, os conceitos sobre as propriedades físico-químicas da matéria, *gradiente e potencial*. Os estudantes utilizaram as palavras *diferença e energia*, respectivamente, como sinônimo das palavras *gradiente e potencial*. Além da palavra *energia*, as palavras *força e trabalho* também foram utilizadas por alguns dos estudantes para representar o conceito sobre potencial.

O significado de *gradiente eletrogeniônico* explicitou-se na fala dos estudantes como exemplo particular de gradiente, subordinado ao significado mais genérico sobre gradiente. Por outro lado, o conceito de *potencial de ação celular* explicitou-se de maneira desvinculada do conceito mais genérico de potencial.

De acordo com a teoria ausubeliana de ensino e aprendizagem, os estudantes construíram significados sobre essas propriedades físico-químicas da matéria, denominadas *gradiente eletrogeniônico e potencial*, porém, através de aprendizagem em *nível representacional*. Essa afirmação se baseia no fato de os estudantes terem atribuído significados a esses atributos da estrutura viva, apenas através do uso de palavras sinônimas, sem relacioná-los com outros significados de maior nível de generalidade, pertinentes à sintaxe do conhecimento na área de estudo da Fisiologia Humana.



Os resultados do nosso estudo indicam também mudanças quanto às características cognitivas dos estudantes, de natureza funcional. Entre as alterações, identificamos a mudança no princípio lógico, utilizado por eles nas explicações dos fenômenos biológicos.

O princípio lógico ao qual nos referimos representa o conjunto de significados que se mantêm estruturados segundo relações de implicação. Essa estrutura de significados é o fator endógeno que possibilita a reconstrução conceitual dos sujeitos em suas interações com o mundo físico e social, de acordo com as teorias construtivistas do conhecimento humano.

Para Chiarottino (1988), a alteração do princípio lógico dos sujeitos pode revelar a construção e transformação de significados dado que, para ela:

a disponibilidade de estabelecer relações lógicas não é dada *a priori* no sentido cronológico; ao contrário, surge em função do organismo com o meio e é portanto, uma conquista do ser humano. A possibilidade de estabelecer relações lógicas permanece como condição *a priori* (em sentido lógico) a todo conhecimento possível. (p.14)

A nossa conclusão à respeito da alteração do princípio lógico dos sujeitos baseia-se nas seguintes constatações: 1. os estudantes, inicialmente, demonstraram caracterizar o fenômeno transmembrana denominado *semipermeabilidade*, através da idéia de compatibilidade entre a estrutura física da membrana plasmática, (tamanho dos poros) e a estrutura física das partículas a serem transportadas, (tamanho das partículas); 2. os estudantes relacionaram o fenômeno *transporte de substâncias* à idéia de *necessidade do organismo de incorporar substâncias úteis*. Porém, após a implementação da proposta metodológica na disciplina Fisiologia Geral, os

estudantes passaram a considerar a natureza físico-química do organismo vivo, a variação estrutural frente as alterações ambientais e a classificar o organismo vivo como um sistema aberto. No nosso entender estes pressupostos exigem, necessariamente, uma nova relação de pertinência entre conceitos, ou seja, a transformação do princípio lógico.

Os resultados mostram que o princípio lógico explicitado pelos estudantes após a implementação da proposta metodológica, durante a explicação dos fenômenos transmembrana, constituiu-se de relações novas entre o conceito sobre a membrana plasmática e os conceitos sobre determinados fatores do meio interno. Tanto a natureza físico-química da membrana plasmática como os atributos do meio interno, entre eles o gradiente de concentração explicitaram-se na fala dos estudantes. No entanto, também a relação entre o transporte de substâncias e a *necessidade de manutenção da homeostasia orgânica* foi demonstrada por alguns deles. Essa forma de explicar o fenômeno do transporte de substâncias químicas através da membrana plasmática, pode indicar uma forma de conceituação de natureza predominantemente espontânea. Os estudantes podem ter utilizado a palavra homeostasia como sinônimo de "necessário", ou "útil".

A explicação dada pelos estudantes num primeiro momento da pesquisa, para o fenômeno "permeabilidade", ou seja, a compatibilidade entre o tamanho dos poros e o tamanho das partículas transportadas, expressa um princípio lógico que parece ter sido construído a partir das conceituações errôneas sobre o *comportamento* da estrutura viva, como se fosse essencialmente físico. Essa forma de conceituações pode ter sido construída a partir de significados errôneos sobre a natureza da matéria viva, no próprio ambiente de aprendizagem



escolar. A nossa análise, a respeito do assunto, revela que nos livros-texto utilizados pelos sujeitos, o tratamento dado pelos autores à natureza da matéria viva não é diferente da idéia explicitada pelos estudantes. Já os princípios lógicos explicitados nas explicações do transporte de substâncias químicas, que se mostraram relacionados à idéia de “necessidade”, “utilidade”, parecem ser de origem predominantemente espontânea, criadas a partir de interações em nível social, ausentes da interferência do saber sistematizado.

Banet & Nunes (1989), identificam a mesma situação relacionada à idéia de transporte de substâncias e de utilidade das substâncias, quando avaliam os conhecimentos dos estudantes sobre o processo da digestão e absorção de alimentos.

Acreditamos que a explicação para a presença de um princípio lógico como este é a ausência de conceitos em nível maior de generalidade que aqueles referentes aos fenômenos transmembrana, relacionados com a natureza da estrutura viva e com funcionamento do organismo vivo.

De acordo com as teorias construtivistas do conhecimento humano, é a presença de conceitos de maior nível de generalidade que permite a assimilação de conceitos de menor nível, mais específicos, constituindo, assim, a hierarquia conceitual da estrutura cognitiva.

Vygotsky (1991, p.70), nessa mesma linha de pensamento, diz:

quando se examina o processo de formação de conceitos em toda a sua complexidade, este surge como um movimento do pensamento dentro da pirâmide de conceitos, constantemente oscilando entre duas direções, do particular para o geral e do geral para o particular.

De acordo com a teoria piagetiana, o verdadeiro conceito implica sistemas de classes, portanto, conjuntos de objetos agrupados segundo relações de encaixe hierárquico (parte e todo) e sistemas de relações particulares, agrupadas segundo sua natureza assimétrica ou simétrica. (Chiarottino, 1988, p.65)

A teoria ausubeliana de aprendizagem e ensino, como explicitamos na introdução deste estudo postula que o arcabouço conceitual seja altamente organizado, com conceitos hierarquizados segundo o maior nível de generalidade.

Neste estudo, os resultados sugerem que as idéias iniciais dos estudantes, embora consideradas errôneas de acordo com a lógica do conhecimento científico, eram pertinentes, naquele momento, a um tipo de lógica interna, dependente de significados construídos na vivência, tanto no ambiente de aprendizagem escolar como no cotidiano. Após a interação com os conteúdos instrucionais na disciplina Fisiologia Geral, os estudantes puderam construir determinados significados de natureza científica, anteriormente ausentes, e transformar conceitos e idéias errôneas.

Algumas das constatações que fundamentam essas nossas afirmações são: a. os estudantes passaram a utilizar o conhecimento sobre a natureza da estrutura viva ao citarem as combinações químicas nas explicações das alterações da matéria viva frente às variações dos ambientes interno e externo; b. os estudantes, ao construírem significados sobre a composição química e algumas das propriedades físico-químicas do meio interno, passaram a considerá-los na análise, por exemplo, da variação do meio interno, ainda que relacionado à idéia sobre a ingestão de nutrientes; c. os estudantes passaram a incluir o fenômeno da permeabilidade celular entre as características morfofuncionais da célula, ainda que através de relações entre

determinadas características estruturais ou através de relações entre os fenômenos e a idéia sobre *necessidade de manutenção da homeostasia*. Não mais utilizaram, porém, relações das quais participavam as idéias sobre *necessidade da célula e utilidade das substâncias para o organismo*.

Os resultados das entrevistas e os resultados dos pré e pós-testes demonstram que os estudantes tiveram transformados não só o conceito de maior nível de generalidade, o conceito sobre organismo vivo do ponto de vista funcional, mas também as estruturas conceituais *chaves*, indicadas pelas letras (A) e (B) no corpo de conhecimentos selecionado na pesquisa (Figura 5 da página 82), confirmando-se, também, no campo de aprendizagem das Ciências Biológicas, o pressuposto fundamental das teorias construtivistas do conhecimento humano, ou seja, de que a gênese e a evolução dos significados de menor nível de generalidade é dependente da evolução de significados mais genéricos e que o processo de transformação conceitual pode ser acelerado através de manipulações específicas dos fatores que limitam o processo: a estrutura conceitual dos estudantes e os aspectos organizacionais do ambiente de aprendizagem escolar.

Vygotsky (1991, p.100), ao estudar o processo de evolução conceitual, concluiu que a disciplina formal dos conceitos científicos transforma, gradualmente, a estrutura dos conceitos espontâneos e ajuda a organizá-los num sistema, promovendo a ascensão da criança a níveis mais elevados de desenvolvimento.

Os resultados das entrevistas mostram, também, a evolução inexpressiva do nível de causalidade dos estudantes, quando explicaram os fenômenos biológicos após a implementação da proposta metodológica de ensino.



A transformação do conhecimento dos estudantes, segundo as teorias construtivistas da aquisição do conhecimento humano pode ser explicada através das relações entre fatores cognitivos do aprendiz, endógenos e exógenos, presentes no ambiente de aprendizagem. Entre esses últimos se encontram os aspectos organizacionais do ambiente de aprendizagem escolar com o qual interagem durante grande parte de suas vidas.

Para Ausubel, o fator endógeno fundamental que possibilita a evolução do conhecimento numa dada área, constitui-se na sintaxe do conhecimento prévio do estudante.

Essa sintaxe, na área da Fisiologia, é caracterizada pela relação de pertinência entre determinados significados sobre estrutura e ambiente físico-químico, uma vez que *as explicações para as formas de funcionamento e controle orgânicos estão nos comportamentos fenomenológicos, de natureza física e química, os quais ocorrem durante a interação da matéria viva e o ambiente.*

Ausubel acredita que o tipo de aprendizagem escolar a que se submetem os aprendizes seja o fator organizador do arcabouço conceitual, a estrutura hierarquizada de conceitos e idéias.

Ausubel citado por Novak (1981, p.9-10) pressupõe que a estrutura cognitiva seja um "arcabouço de conceitos hierarquicamente organizados que são a representação de experiências sensoriais da pessoa".

Para ele, também os tipos de aprendizagem a que se submetem os aprendizes, mecânica ou significativa, são fatores influenciadores do processo de construção e transformação conceitual. No ambiente de aprendizagem escolar, os tipos de aprendizagem a que se refere são contínuos e se diferenciam apenas quanto ao grau de pertinência e

implicação entre significados. Assim, no processo de assimilação conceitual, o que garante a manutenção e a possibilidade de utilização dos significados presentes no arcabouço conceitual dos aprendizes é o grau de pertinência entre significados sobre atributos da matéria. Estes atributos podem ser mantidos relacionados ou não na estrutura cognitiva, dependendo da diferença no grau de generalidade entre esses significados.

De acordo com a lógica das teorias construtivistas de aprendizagem e ensino, a convergência entre significados de origem natural, espontânea, e significados de natureza científica pode ser facilitada no ambiente escolar através do emprego de teorias, princípios e estratégias de ensino que levem em consideração a natureza sintática tanto do conhecimento dos estudantes como do conhecimento formal.

Para Ausubel (1975, p.228), por exemplo, a manipulação deliberada dos atributos relevantes da estrutura cognitiva dos estudantes para fins pedagógicos pode ser conseguida de duas maneiras:

- (1) substantivamente quando se utiliza para fins organizacionais e integrativos os conceitos e proposições unificadores de uma dada disciplina que têm maior poder explicativo, inclusividade, possibilidade de generalização e possibilidade de relacionamento com o conteúdo do assunto da disciplina;
- (2) programaticamente, ao se empregarem princípios programáticos adequados na ordenação da sequência dos assuntos, ao construir sua lógica e organização interna e ao se organizarem ensaios de prática.

De acordo com os pressupostos construtivistas da aquisição do conhecimento humano, o avanço no uso de relações ou, o uso de operações conscientes, de acordo com a lógica científica, depende da construção de significados dos

atributos comuns da matéria, processo que se inicia com as ações dos sujeitos.

Na área das Ciências Fisiológicas, os atributos da matéria constituem as propriedades funcionais as quais constituem relações fenomenológicas de natureza tanto física como química. A construção de significados dessa natureza exige experimentação direta, se considerarmos que no ambiente cotidiano não encontramos "modelos" de natureza isomorfa que apresentam funcionalidade de maneira fidedigna.

A evolução dos significados, segundo os estudiosos da gênese do conhecimento humano, é um processo dependente da percepção humana que evolui tanto a partir da imagem como da ação sobre o objeto, da memória e da maturação psicofisiológica. Todos esses fatores são de natureza biológica e se alteram durante o processo contínuo de interação dos sujeitos com o ambiente.

De acordo com a teoria piagetiana, através da abstração reflexiva (modo de funcionamento de toda a organização viva e essência do processo cognitivo dos seres humanos), o sujeito epistêmico evolui da ação à conceitualização. Esse processo de construção e evolução conceitual implica, inicialmente, a representação das ações e, posteriormente, a reunião das representações que envolvem estruturas espaço-temporal, construídas pela ação da criança e na reconstrução da ação total e comparação com as outras. Tais reconstruções e comparações vão desde as simples constatações até a busca das razões das conexões observadas. Assim, uma vez que as noções de classe, série, espaço, tempo também se ampliam, a evolução conceitual também implica reconstrução.

De acordo com Chiarottino (1988, p.56) a reflexão, a respeito dos conteúdos observáveis,

supõe a intervenção de uma forma, de uma estrutura (reflexão), e os conteúdos assim transferidos a outro plano, exigem, por sua vez, a construção de novas formas. Há, assim, uma alternância ininterrupta de forma e conteúdo, sem limites, sem fim e sem começo absoluto.

O processo de construção e evolução de significados evolui na dependência direta da interação do arcabouço conceitual, do conteúdo e do motivo e determina a ação do sujeito com objeto do conhecimento.

Se considerarmos que, no cotidiano dos sujeitos, os objetos por eles analisados o são quase que exclusivamente do ponto de vista da funcionalidade, é apenas no ambiente de aprendizagem escolar que o objeto do conhecimento, em qualquer área de estudo, pode ser analisado do ponto de vista das outras razões que os concebem como objeto, ou seja, as científicas, geradas a partir da metodologia que também lhe dá existência, finalidade e explicação.

O emprego da metodologia científica, na gênese do conhecimento objetivo, impõe a necessidade de um tipo de interação no ambiente de aprendizagem escolar, entre o sujeito conhecedor e o objeto, sem o que os significados e verdades científicas inexistem.

O processo de evolução de significados desta natureza é dependente também do sucesso do seu uso no ambiente social, o qual gera o motivo, mola mestra das ações dos sujeitos. O sucesso emerge, dentre outras formas, da prática consciente intervencionista dos seres humanos, baseada em pressupostos científicos.

Uma vez que a evolução dos significados depende também das interações que ocorrem no ambiente de

aprendizagem escolar, onde ocorre a socialização do conhecimento formal, nele são fontes de significados: o professor, os alunos, os materiais instrucionais e as *ações dos sujeitos*. Os significados emergem e transformam-se a partir de interações dessas *fontes* de significados.

A metodologia científica, geradora do conhecimento formal, e a didática, facilitadora da sua assimilação no ambiente de aprendizagem escolar, constituem instrumentos mediadores no processo de construção e transformação conceitual e devem, necessariamente, participar da interação de sujeitos e objeto de conhecimento. É a partir dessas interações que os significados emergem, se organizam, se transformam e adquirem sentido universal.

Para Lúria (1988, p.48), os critérios difundidos na sociedade transformam os processos de pensamento gráfico-funcional em um esquema de operações semânticas e lógicas, no qual as palavras se tornam o instrumento da abstração e generalização.

Os resultados da pesquisa, nos dois momentos da investigação, demonstram que os estudantes não utilizam as propriedades físico-químicas da matéria nas explicações dos fenômenos. Esta característica cognitiva funcional dos estudantes denuncia a evolução inexpressiva do nível de causalidade dos sujeitos. Este fato pode ser justificado, segundo as teorias construtivistas de aprendizagem, pela falta de retenção funcional de conceitos. Neste estudo, a falta de retenção funcional de conceitos de *gradiente eletrogeniônico e potencial celular*.

A ausência de retenção funcional, de acordo com a teoria ausubeliana de aprendizagem e ensino, pode ser

proveniente do tipo de aprendizagem a que se submetem os estudantes.

A aprendizagem de conceitos a respeito das propriedades físico-químicas da matéria, como mostram os resultados da pesquisa, ocorreu em nível apenas representacional primário. Para Ausubel (1962), a retenção funcional é dependente de um processo de assimilação significativa em que ocorre a subordinação, a superordenação ou a combinação de conceitos novos com os conceitos já existentes, os quais ocupam um nível maior de generalidade na estrutura conceitual. A respeito disso, coloca:

apenas as variáveis categóricas discrimináveis dos conceitos previamente aprendidos apresentam potencialidade de retenção a longo prazo. (Ausubel, 1962, p.137)

Ao investigar o processo de aquisição de conhecimento no ambiente escolar, Ausubel preocupou-se em analisar um tipo de aprendizagem que, segundo ele, pode ocorrer por influência da linguagem. A esse tipo de aprendizagem deu o nome de aprendizagem verbal significativa.

No ambiente escolar, esse tipo de influência se faz predominante se considerarmos a função da comunicação através da linguagem escrita e falada na relação interpessoal e na interação com materiais escritos.

Como já citamos anteriormente, também para Lúria (1988), a *palavra* se faz instrumento principal da abstração e generalização.

Ausubel, apesar de acreditar na possibilidade de ocorrência de aprendizagem por recepção, faz a ressalva de que a assimilação significativa de conceitos por recepção só ocorre se os conceitos forem apresentados aos aprendizes a fim de

levá-los a descobrir *algum princípio fundamental* ou *alguma lei científica*.

Por outro lado, qualquer que seja o tipo de assimilação conceitual que predomine no processo da aprendizagem, seja por recepção ou descoberta, para Ausubel et al. (1980, p.21),

o aluno deve reagrupar as informações, integrá-las à estrutura cognitiva prévia e reorganizar e transformar a combinação integrada de tal forma que dê origem ao produto final desejado ou à descoberta de uma relação entre meios e fins.

A construção e transformação de conceitos são, para Ausubel, processos evolutivos de aquisição de significados em uma estrutura conceitual prévia. É a *disponibilidade dos conceitos e de estruturas proposicionais, no sistema conceitual já existente*, o fator limitante da aprendizagem significativa.

A disponibilidade a que se refere implica a presença de conceitos em grau de generalização tal que possibilite a sua utilização durante as interações dos sujeitos no ambiente de aprendizagem escolar.

Por outro lado, a disponibilidade de conceitos e estruturas proposicionais só existe a partir de um processo de construção de significados, gerado a partir de interações específicas dos sujeitos com o objeto do conhecimento.

Se considerarmos que os estudantes da área das Ciências Biológicas não apresentam qualquer sistema de significados de origem espontânea que os possibilite explicar os fenômenos biológicos, dada a especificidade e a natureza da matéria viva e também ao fato de não existir, no ambiente físico, similares que possam contribuir para a construção de imagens fidedignas sobre a estrutura viva, postulamos ser a evolução de significados, nesta área do conhecimento,

dependente, dentre outros fatores, de imagens preconcebidas pelo outro, socializadas através de desenhos, gravuras, filmes, etc. e, dependente, principalmente, do estudo sistemático das propriedades físico-químicas da matéria.

Os significados da natureza da matéria, seja ela viva ou morta, só podem ser criados através do método experimental, dado que a organização estrutural da matéria, em nível molecular, pode apresentar alta capacidade de alteração frente às variáveis ambientais, como ocorre com a matéria viva e, além disso, tais alterações podem ocorrer em velocidade tal que a observação dos fenômenos de forma direta se torna impossível aos sentidos humanos. A matéria viva apresenta tais características morfofuncionais que impedem, portanto, a gênese espontânea de significados a respeito da estrutura e funcionamento. Sendo assim, os significados de natureza espontânea, gerados durante a infância dos aprendizes são dependentes, principalmente, da percepção visual, auditiva e tátil.

A evolução de significados a respeito da natureza da estrutura viva que possibilita abstrações quanto à forma de funcionamento e controle é dependente de uma maturação psicofisiológica que se inicia na ação e na representação da imagem sobre o objeto, conforme as teorias construtivistas de Piaget, Vygotsky e Ausubel.

A teoria ausubeliana pode explicar o porquê da construção de significados a respeito dos atributos da matéria (propriedades físico-químicas da matéria), quando ocorre apenas em nível representacional, ao impedir a utilização dos conceitos nas explicações dos fenômenos biológicos, ainda que caracterize a aprendizagem significativa.

A utilização de conhecimento, segundo Ausubel, depende da presença de um sistema de relações conceituais segundo o *grau de generalidade*, ou seja, da disponibilidade de conceitos no arcabouço conceitual. Porém, o grau de generalidade dos conceitos evolui de acordo com o grau de concretude e abstração dos sujeitos, o qual, por sua vez, evolui na razão direta das ações dos sujeitos com o objeto do conhecimento.

A construção de conceitos que funcionam como atributos dos objetos, segundo Ausubel, Piaget e Vygotsky, exige experimentação direta.

Para Leontiev (1988), o conhecimento da criança a respeito da realidade ocorre em conexão com a sua atividade a qual se constitui no uso dos processos psicofisiológicos. O uso desses processos são, para ele, dirigidos pelo motivo, ou seja, pelo sentido particular que um fenômeno tem para a criança e não pelo conhecimento que a mesma tem do fenômeno.

Se considerarmos, como verdade, o pressuposto acima, é no ambiente de aprendizagem escolar que ocorre o favorecimento da transformação do "motivo" que determina as ações dos sujeitos nos mesmos motivos que determinam a atividade, ou seja, a transformação das ações em atividades conscientes.

Para Leontiev(1988), é também a relação entre a ação e a atividade dos sujeitos a base psicofisiológica sobre a qual ocorre o desenvolvimento do pensamento.

Na área das Ciências Biológicas, o estudo da matéria viva, realizado apenas do ponto de vista físico, como identificamos na análise dos materiais escritos possivelmente utilizados pelos estudantes, levou-os a representações de imagens estáticas. Este fato impediu a construção de um sistema



de significados, necessário para a explicação dos fenômenos biológicos de natureza físico-química, extremamente dinâmicos, passíveis de análise apenas através da mensuração indireta, através de instrumentos construídos segundo princípios de funcionalidade semelhantes à da matéria viva.

A nossa vivência no ensino público permite afirmarmos que a vivência prática dos conteúdos instrucionais, na área das Ciências Biológicas, em nível de primeiro e segundo graus de escolaridade, é reduzida.

Algumas investigações já realizadas a respeito dos fatores de desarticulação entre os conteúdos disciplinares do currículo de Ciências, em nível de primeiro e segundo graus de escolaridade, apontam para falta de interações, em nível prático, de estudantes e conteúdos instrucionais na área das Ciências Biológicas.

Krasilchik (1987), em uma análise sobre a interdependência dos vários níveis decisórios na evolução dos currículos de Ciências, em nível de primeiro e segundo graus, levanta através de entrevistas com professores e estagiários da Rede Pública de Ensino do Estado de São Paulo e da análise de documentos e da literatura específica, vários fatores de influência negativa no ensino de Ciências. Entre esses fatores, a pesquisadora cita o baixo número de aulas práticas de laboratório, a falta de equipamentos e material para a realização das aulas práticas, a preparação deficiente dos professores de Ciências, a má qualidade dos livros didáticos e a programação inadequada dos currículos nesta área.

Para a autora, a falta de vínculo entre os conteúdos disciplinares e a realidade dos alunos constitui um dos fatores que tornam a disciplina irrelevante e sem significado para os estudantes.



Quanto aos aspectos organizacionais que acredita influenciar a desarticulação dos currículos de Ciências entre os vários níveis de escolaridade, denuncia a *falta de relações e aspectos comuns entre os conceitos estudados nas diversas áreas*.

Os aspectos comuns entre os conceitos estudados nas diversas áreas do conhecimento humano a que se refere a pesquisadora, são as propriedades físicas e químicas da matéria, a partir das quais vêm sendo analisados os fenômenos físicos, químicos e biológicos.

A nossa suposição a respeito da influência destes fatores ambientais no processo de evolução conceitual dos sujeitos da pesquisa encontra respaldos também na teoria piagetiana segundo a qual, o comportamento humano supõe sempre uma lógica da ação e qualquer conhecimento que o ser humano alcance, científico ou popular, *depende sempre de uma estrutura prévia e de um acontecimento*.

a disponibilidade de estabelecerem relações lógicas não é dada *a priori*, no sentido cronológico; ao contrário, surge em função da construção das estruturas que ocorrem na interação do organismo com o meio e é, portanto, uma conquista do ser humano. A possibilidade de estabelecer relações lógicas permanece como condição *a priori* (em sentido lógico) a todo conhecimento possível. (Chiarottino, 1988, p.14)

Ao referir-se ao processo de aquisição do conhecimento, Piaget pressupõe que a construção de um conceito implica inicialmente representação de uma imagem do objeto, um símbolo primitivo e, essa imagem constitui-se num substituto parcial da coisa significada, constituindo o que chamou de preconceito. O aparecimento do conceito, para Piaget, ocorre apenas quando o significado adquire um nível de generalidade tal que não dependa mais da imagem primitiva para

utilizá-lo, ou seja, quando o significado implica um sistema de classes, conjunto de objetos agrupados segundo relações de *encaixe hierárquico* (parte e todo).

De acordo com os pressupostos piagetianos, a forma de representação dos objetos e a transformação dessa representação podem revelar a evolução de significados e de seus níveis de generalidade.

Baseados, também, nos mesmos pressupostos piagetianos, podemos concluir que os nossos sujeitos, ao iniciarem o estudo na disciplina Fisiologia Geral, não apresentavam sequer o conceito científico sobre a estrutura viva denominada membrana plasmática e que, após a implementação da proposta metodológica, ao demonstrarem dificuldade em representar tal estrutura, haviam assimilado determinados significados potencialmente capazes de transformar o significado prévio.

Os resultados mostram, também, que a forma de conceituação dos estudantes a respeito dos fenômenos biológicos, num primeiro momento, caracterizou-se pelo uso de relações das quais participaram experiências vivenciadas em nível particular e social, indicando, assim, a gênese e o grau de concretude dos significados investigados nos estudantes, características do processo de evolução do conhecimento que nos ajudam a compreender as causas do princípio lógico utilizado por eles nas explicações dos fenômenos.

Para Vygotsky (1991), o material sensorial e a palavra são partes indispensáveis à formação de conceitos. Concorda com Ach citado por Vygotsky (1991, p.46), estudioso da gênese do conhecimento que, ao investigar o processo de aquisição dos conceitos em crianças demonstrou, em seus experimentos, que “a existência de associações entre símbolos



verbais e os objetos, embora sólidas e numerosas, não é por si só suficiente para a formação de conceitos”.

Por outro lado, Rimat citado por Vygotsky (1991, p.46), ao estudar cuidadosamente a formação dos conceitos nos adolescentes, concluiu que a verdadeira formação de conceitos excede a capacidade dos pré-adolescentes e só tem início no final da puberdade “...o pensamento por conceito emancipado da percepção faz exigências que excedem suas possibilidades mentais antes dos doze anos de idade”.

Na análise dos resultados obtidos após a implementação da proposta metodológica, identificamos a ausência de relatos de experiências particulares de vida dos estudantes nas explicações dos fenômenos biológicos. Os estudantes não mais citaram fatos ocorridos, tanto em suas vivências particulares como em nível social, ao justificarem a ocorrência de alguns dos fenômenos investigados. Além disso, os resultados obtidos após a implementação da proposta metodológica de ensino, demonstram o uso do conhecimento pelos estudantes, em níveis de abstração mais elevados.

A alteração no **uso de relações conceituais**, demonstrada pelos sujeitos, também constitui fortes indícios da influência da proposta metodológica no processo de construção conceitual desses estudantes. Entre as relações conceituais utilizadas pelos estudantes após a implementação da proposta metodológica de ensino, identificamos o não uso de conceitos considerados atributos da matéria viva, característica funcional cognitiva que indica uma evolução pouco substantiva do nível de causalidade dos estudantes. Tal característica funcional cognitiva pode ser explicada através da análise das interações desses sujeitos com os conteúdos instrucionais na disciplina Fisiologia Geral.



No processo de seleção de conteúdos instrucionais, para a elaboração do programa de ensino na disciplina Fisiologia Geral, não foram contemplados conteúdos específicos dessa natureza. Por outro lado, no processo de implementação dos conteúdos selecionados, a ação prática dos estudantes com o objeto de estudo não foi privilegiada. A interação dos sujeitos com os conteúdos instrucionais ocorreu apenas em nível de linguagem verbal.

Embora não tenham sido objeto de investigação na pesquisa, os resultados, obtidos após a implementação da proposta metodológica, mostraram que muito dos sujeitos apresentavam conceitos errôneos ou, então, ausentes, a respeito de determinados atributos essenciais da matéria como, por exemplo, das propriedades físicas, elétricas, dos elementos químicos, entre eles a *valência dos elementos químicos presentes nos líquidos orgânicos*, e a própria concepção sobre elementos químicos.

Os conteúdos instrucionais que possibilitam a construção desses significados são implementados, no sistema educacional brasileiro, através de programas de disciplinas da área das Ciências Físicas e Químicas, as quais são oferecidas em nível de primeiro e segundo grau de escolaridade.

As transcrições dos trechos das falas dos estudantes, em momento anterior ao da implementação da proposta metodológica, mostradas em negrito nas páginas 113 à 118 e 121, fundamentam as nossas afirmações quanto a presença de conceitos errôneos dos estudantes a respeito dos atributos básicos da matéria (propriedades químicas e físicas).

Acreditamos que esta característica estrutural cognitiva de alguns dos estudantes e a ausência de interação com conteúdos específicos da área da Bioquímica tenham



influenciado a construção de significados a respeito, por exemplo, de gradiente eletrogeniônico, potencial de repouso celular e a respeito das causas das variações constantes do meio interno.

As formas de funcionamento e controle orgânicos foram apresentadas, conforme mostra o programa de ensino implementado na disciplina, Anexo D, relacionadas, não só a determinados aspectos morfológicos das estruturas vivas, em nível topográfico, macro e microscópico, mas também, relacionados com determinados atributos funcionais, *de acordo com a natureza bioquímica da matéria viva*, em nível celular e humoral.

Acreditamos que todas essas relações que se explicitaram na organização dos conteúdos instrucionais da disciplina tornaram-se potencialmente significativos *apenas* para os estudantes que *dominavam previamente alguns dos atributos da matéria viva, de natureza bioquímica*.

Por outro lado, a evolução, inexpressiva no nível de causalidade dos estudantes, dá-nos indícios de que a reconstrução de significados, conceitos e relações de atributos da estrutura viva exige a utilização de estratégias específicas, para a qual a ação prática se faz imprescindível.

Conforme relatado anteriormente, a implementação da proposta metodológica de ensino da disciplina Fisiologia Geral ocorreu vinculada à estrutura curricular do Curso de Fonoaudiologia, ainda em fase de implantação. Essa estrutura apresenta-se desarticulada, estrutural e funcionalmente, da realidade do ambiente de aprendizagem (conhecimento prévio dos estudantes, recursos físicos, humanos e materiais).



Segundo Chiarottino (1988), a representação é condição do compreender, porém as relações não derivam da representação, e sim das ações. Para ela,

o sujeito não descobre verdades que lhe são dadas do exterior, mas, ao contrário, constrói esquemas cada vez mais abstratos, ...tanto a causalidade quanto as operações lógico matemáticas têm sua origem comum na ação, mais especificamente, na coordenação das ações. (Chiarottino, 1988, p.41-2)

A lógica, segundo as teorias construtivistas da aquisição do conhecimento humano é produto de uma construção do ser humano.

Durante a implementação da proposta metodológica de ensino na disciplina Fisiologia Geral, os estudantes não manipularam deliberadamente o objeto de estudo, ou seja, o organismo vivo de ponto de vista funcional. As aulas práticas, realizadas de maneira demonstrativa, não permitem a atuação deliberada dos sujeitos.

Coll et al. (1987, p.20), numa visão piagetiana sobre o desenvolvimento da inteligência e a construção do pensamento racional, descrevem a ação como fonte da lógica que caracteriza, tanto a inteligência sensório-motora como a lógica da própria inteligência representativa ou conceitual.

A esse respeito Piaget, em obra publicada por Apostel et al. (1957) coloca:

da perspectiva do relativismo integral e metodológico da psicologia genética, o objeto só existe enquanto conhecido ou susceptível de ser conhecido em suas relações com as ações do sujeito.

Nesse mesmo sentido Piaget (1971), afirma:

Efetivamente, só conhecemos um objeto atuando sobre este e transformando-o (da mesma forma que o organismo só reage face ao meio assimilando-o no sentido amplo do termo).

Os fenômenos biológicos são verdades e adquiriram valor de verdade no decorrer da evolução do conhecimento, ao possibilitarem verificação empírica.

Para Coll & Gillieron (1987, p.28),

as verdades de fato são também independentes da vontade do sujeito que conhece e só existe uma maneira de se ter acesso a elas, ou seja, através da observação e da constatação empírica.

A explicação causal, na visão piagetiana, é uma mistura particularmente sutil de atribuições de certas operações do sujeito aos objetos bem definidos onde o sujeito retém, por sua vez, certas propriedades mais do que outras.

As propriedades pertinentes ao objeto são abstraídas pelo sujeito do conjunto de suas propriedades através de um mecanismo que Piaget chama "abstração empírica", para ele, complementar da abstração reflexiva.

A causalidade é sempre o resultado de uma interferência do sujeito, produto do objeto empírico. Por outro lado, os objetos resistem mais ou menos à interferência causal, seja por causa de suas propriedades físicas, seja por causa do acaso que impede a dedutibilidade completa, fora de uma vasta amostragem de instâncias representativas, seja por causa de sua história, a que conduz o sujeito na direção de novas abstrações empíricas sem jamais tocar internamente a totalidade do objeto real. (Bovet et al., s.d.)

As explicações dadas pelos estudantes para o fenômeno do transporte de substâncias, através da membrana plasmática, e para o fenômeno da seletividade plasmática são exemplos de causalidade derivada da falta de dedutibilidade completa, dado estar a estrutura, a membrana plasmática, fora das instâncias representativas dos sujeitos. Esta condição impele os sujeitos a novas relações em que participam imagens ou idéias conhecidas, experienciadas. Nos dados levantados no

presente trabalho, essas idéias e formas de representações se explicitaram através das idéias errôneas sobre a estrutura viva, sobre o transporte de substâncias através da membrana plasmática e sobre semipermeabilidade celular (“peneira”, “véu furadinho”, “ingerir apenas o que é útil” e “absorver apenas o necessário”).

O organismo vivo como objeto de conhecimento, oferece alta resistência à inferência causal pelo fato de as manifestações da funcionalidade nem sempre serem passíveis de percepção pelos sentidos humano. Aquelas que o são, ocorrem ao acaso e, apesar de manifestarem-se em nível de ambiente físico-social, são derivadas da integração dos fenômenos que ocorrem em nível de ambiente biológico interno, imperceptíveis ao próprio indivíduo em cujo organismo ocorrem. As manifestações do funcionamento orgânico que ocorrem tanto no ambiente externo, como no ambiente interno derivam da interação físico-química entre estruturas dos mais diferentes níveis de organização morfológica.

A aquisição do conhecimento científico sobre o organismo vivo do ponto de vista funcional é originária de interações específicas dos sujeitos e o objeto, através de metodologias específicas. O organismo humano, como objeto, só pode ser estudado e conhecido através da evolução de significados que lhe concebem como objeto e a apropriação de significados de natureza científica, o que exige, necessariamente, a apropriação do método científico que lhe dá origem.

Natadze (1957, p.27), faz referência à resistência que o objeto faz à percepção do observador:

nas fases sucessivas da assimilação de um conceito, a última é o conhecimento das suas características essenciais, (não simplesmente as comuns) e da sua importância ...para uma criança é particularmente

difícil assimilar características essenciais de um conceito, quando as imagens visuais correspondentes não coincidem com o conteúdo do conceito, mas estão em contradição com ele; em contrapartida, é muito mais fácil assimilar traços característicos, quando estes se apresentam, desde o início, com imagens visíveis correspondentes.

Os experimentos de Natadze (1957) levaram-no a concluir que todas as crianças de sete anos, sem exceção e sem a menor vacilação, conceituam os objetos apresentados, baseando-se *exclusivamente no aspecto externo, na imagem visual* e que até atingir 10 ou 11 anos de idade, a criança não parte das características essenciais, embora estas lhe sejam ensinadas de maneira específica.

O aspecto exterior, ou seja, a imagem visual do objeto "eclipsa" de tal modo na consciência da criança, as características "não visuais", que a contradição não tem para ela o menor sentido. (Natadze, 1957, p.27)

Essa característica funcional do pensamento infantil, de acordo com os achados de Natadze, também foi identificada nos sujeitos da pesquisa ao conceituarem o organismo vivo como sistema fechado e ao representarem a membrana plasmática através de imagens isomorfas a de objetos presentes no ambiente cotidiano.

Se considerarmos o nível de escolaridade e idade dos nossos sujeitos, temos que afirmar que, embora eles não estejam na fase da pré-adolescência, suas características cognoscentes revelam a interferência da imagem e dos aspectos externos do objeto, quando conceituam o funcionamento orgânico. Esse achado reforça o pressuposto construtivista do conhecimento humano, que coloca a gênese dos significados como um processo dependente das interações dos sujeitos e o objeto específico do conhecimento. A evolução dos significados

e a construção dos conceitos depende das *ações dos sujeitos com o objeto do conhecimento*.

Além dos fatores do ambiente de aprendizagem escolar analisados, os conteúdos instrucionais que possivelmente influenciaram a construção do conhecimento dos estudantes do Curso de Fonoaudiologia, alguns dos aspectos da estrutura curricular do Curso de Fonoaudiologia devem ser analisados. Acreditamos que tais aspectos não ajudaram, suficientemente, a evolução de significados na área da Fisiologia.

A estrutura curricular a que os sujeitos se submeteram no Curso de Fonoaudiologia não apresenta a disciplina Bioquímica. O objetivo dessa disciplina é o de oferecer conteúdos instrucionais que podem facilitar a compreensão dos vários estados fisiológicos humorais onde são gerados os fenômenos biológicos de *natureza química*. A compreensão desses estados fisiológicos humorais são imprescindíveis para o entendimento dos fenômenos transmembrana uma vez serem gerados a partir das variações físico-químicas dos líquidos orgânicos (LEC e LIC).

A organização dos conteúdos instrucionais da disciplina Fisiologia Geral privilegiou o estudo dos fenômenos transmembrana, através de estudo dos mecanismos gerais e específicos de funcionamento e controle orgânicos, de ocorrência generalizada, em nível de interações das estruturas e meio interno, como princípio da funcionalidade orgânica. Porém, a compreensão isolada desses fenômenos, independente do conhecimento de outros fenômenos bioquímicos específicos, impossibilita a construção de significados a respeito do funcionamento orgânico, em nível maior de generalidade e,



conseqüentemente, não permite a evolução do nível de causalidade dos sujeitos.

Os fenômenos bioquímicos são gerados a partir de variações do metabolismo celular e da nutrição do organismo e são eles, como já dissemos, que caracterizam os vários estados fisiológicos. O entendimento sobre a origem e natureza dos vários estados funcionais é imprescindível à compreensão do funcionamento orgânico e da sua homeostasia.

Apesar da alteração inexpressiva no nível de causalidade dos estudantes, o nosso estudo demonstra, através da análise das respostas dos estudantes às questões inseridas nas avaliações sistemáticas da disciplina Fisiologia Geral, o uso efetivo de *determinados significados* sobre atributos da matéria viva, e indicam, também, a transformação dos conceitos dos estudantes sobre estrutura viva e funcionamento do organismo vivo.

A dissertação de um dos sujeitos, selecionada para demonstrar a forma de conceituação do organismo vivo do ponto de vista funcional, Anexo J, ilustra nossas afirmações quanto à efetividade da utilização dos pressupostos construtivistas do conhecimento humano na organização do ambiente de aprendizagem escolar. O conceito sobre funcionamento e controle orgânico, explicitado pelo estudante na referida dissertação, mostra-se em um nível de generalidade aceitável como bom, construído através de relações entre formas gerais e específicas de funcionamento e controle orgânicos.

5.3 Implicações pedagógicas



Os resultados da pesquisa dão fortes indícios de que os conteúdos instrucionais, na área das Ciências Fisiológicas, devem ser contemplados no ambiente de aprendizagem escolar desde as primeiras séries dos anos escolares. A construção de significados sobre a matéria viva, do ponto de vista morfofuncional, uma vez iniciada nos primeiros anos de escolaridade, pode acelerar a evolução do processo psicofisiológico permitindo o aumento do grau de abstração e generalização dos estudantes nesta área do conhecimento.

Os materiais escritos, utilizados no ambiente de aprendizagem escolar, os quais tratam de conteúdos específicos da área das Ciências Biológicas, devem tratar, necessariamente, tanto dos aspectos morfológicos da estrutura viva como também dos aspectos funcionais. Determinados significados espontâneos sobre o funcionamento do organismo são gerados de acordo com as experiências pessoais, as quais, nem sempre, permitem abstrações corretas a respeito da estrutura e funcionamento do organismo vivo, de acordo com a lógica científica. Podem, ainda, gerar significados contraditórios àqueles conceitos *chaves* imprescindíveis ao processo de construção de conceitos de natureza predominantemente científica.

Acreditamos que determinadas formas de tratamentos dadas aos conteúdos instrucionais, que contrariam conceituações espontâneas errôneas dos estudantes, podem dificultar e até impedir, já nos primeiros anos de escolaridade, a evolução de significados errôneos sobre o funcionamento da matéria viva.

Os estudantes, ainda em nível de primeiro e segundo graus, podem estabelecer relações entre fenômenos biológicos, vivenciados por eles próprios ou em nível social. Tais fenômenos, se manipulados para fins organizacionais, de



programação de conteúdos instrucionais, no ambiente de aprendizagem escolar, podem tornar o arcabouço conceitual potencialmente favorável ao processo de construção de conceitos e idéias, de acordo com a lógica científica.

A utilização dos fenômenos biológicos como, por exemplo, a produção de líquidos pelo organismo, para fim de estudo das suas relações fenomenológicas com o ambiente físico, desde as primeiras séries do primeiro grau, pode ajudar os estudantes na compreensão das relações entre a estrutura viva e as variáveis do ambiente físico. O estudo de fenômenos biológicos, vivenciados por eles próprios, pode motivá-los a buscar respostas para as causas de determinados comportamentos fisiológicos de fácil observação como, por exemplo, a sede, a variação do calor corporal, a dilatação dos poros, o arrepio, o vômito, o sono, a produção de urina, etc. Tais relações, entre fatos de fácil constatação e variáveis ambientais como, variação climática, ingestão de alimentos de naturezas diferentes, etc., a partir da vivência e da experimentação direta, podem impedir, desde os primeiros anos de escolaridade a construção de falsas idéias sobre determinados aspectos da funcionalidade do organismo humano.

Por outro lado, a manipulação dos aspectos organizacionais dos conteúdos instrucionais, com objetivo de facilitar a aprendizagem significativa na área das Ciências Biológicas, nos diferentes níveis de escolaridade, exige, necessariamente, investigações mais aprofundadas a respeito de fatores do ambiente que, certamente, influenciam a gênese e a sintaxe do conhecimento espontâneo errôneo dos estudantes. Entre esses fatores estão, certamente, os aspectos organizacionais do ambiente de aprendizagem, seja ele escolar ou não e que geram hábitos, costumes, crenças. As várias formas de conceitualizar fatos e fenômenos são culturalmente socializadas e exercem fortes



influências no processo de construção conceitual dos sujeitos. Tais fatores devem ser manipulados deliberadamente no ambiente de aprendizagem escolar com a finalidade de facilitar a convergência entre conceitos de natureza espontânea e científica.

A análise particularizada dos processos de aquisição e evolução dos significados, em cada área específica do conhecimento humano, nos mais diversos níveis de escolaridade, pode revelar a gênese dos conceitos espontâneos e indicar relações entre o conteúdo e o método didático.

Os resultados de aprendizagem do conhecimento formal devem ser utilizados como *indicadores pedagógicos*, na elaboração e implementação de programas de ensino, na aplicação consciente do método didático e na reestruturação curricular.

A intra e interdisciplinaridade são aspectos organizacionais do ambiente de aprendizagem escolar que, segundo o nosso entender, podem ser identificados através da análise das relações dos aspectos organizacionais da estrutura curricular e os resultados efetivos de aprendizagem dos estudantes.

O primeiro, a intradisciplinaridade, pode ser avaliada através da análise das relações sintáticas entre os conteúdos dos programas de ensino e os resultados de aprendizagem. A segunda, a interdisciplinaridade, através das relações sintáticas entre os conteúdos das várias disciplinas da estrutura curricular e os resultados efetivos de aprendizagem de significados, de níveis maiores de generalidade e que constituem os subsunçores dos conceitos mais específicos da área do conhecimento. Esses resultados podem fundamentar a reestruturação curricular. Emergem, também, durante todo o processo de implementação de uma estrutura curricular e devem

ser analisados e compartilhados por todos aqueles que participam direta ou indiretamente do processo.

Piaget (1988, p.26), coloca uma solução para atenuar-se a influência das Faculdades na fragmentação do conhecimento e, conseqüentemente, alcançar-se a interdisciplinaridade curricular, a aplicação de dois princípios fundamentais nas Universidades, instituição responsável pela preparação dos mestres:

1. estreita união do ensino e da pesquisa, sendo os estudantes associados a esta última, especialmente para a solução de problemas novos e ainda não resolvidos, desde os anos de iniciação, sob pena de nada compreenderem da Ciência já estabelecida; 2. pesquisas de grupo, dirigidas não apenas por um único professor, mas por representantes de especialidades complementares, trabalhando em constante cooperação.

O nosso estudo constitui exemplo de aplicação do primeiro princípio, transcrito acima, proposto por Piaget como necessário para fazer evoluir o conhecimento a respeito da gênese dos significados, conseqüentemente, fazer emergir também o método de ensino.

A aplicação prática do segundo princípio da teoria piagetiana exige, necessariamente, a participação de docentes pesquisadores imbuídos do ideal de partilhar resultados de aprendizagem dos estudantes. As Universidades brasileiras não apresentam uma estrutura didático-pedagógica, em nível de graduação ou de pós-graduação, que possibilite a formação de profissionais voltados para este tipo de investigação científica.

Na sala de aula, o método, enquanto mecanismo de ação, inerente ao ensinar e ao aprender, faz-se instrumento de mediação no processo de transformação do conhecimento espontâneo. O método didático, para tornar o conhecimento utilizável pelos sujeitos, exige potencialidade para contrariar

significados errôneos, os quais, como já dissemos, determinam hábitos e procedimentos.

O nosso estudo dá-nos evidências de que o emprego de princípios e estratégias didáticas no ambiente de aprendizagem escolar deva ser fundamentado no estudo da gênese de significados. O grande desafio do trabalho escolar, em qualquer nível de escolaridade, é fazer evoluir significados nos esquemas de comportamento dos estudantes, tornando-os susceptíveis de serem repetidos ativamente, reestruturados, utilizados na reorganização cognitiva, na evolução psicofisiológica.

Os resultados da pesquisa mostram o domínio conceitual dos estudantes que ingressaram na Universidade, no ano de 1991, no Curso de Fonoaudiologia. Embora os nossos sujeitos constituam uma amostra muito pequena e particular da população de estudantes que prestam os exames vestibulares, os níveis de domínios e de relações conceituais na área das Ciências Biológicas, bem como, as formas de conceituações, ausentes, errôneas, tanto dos estudantes quanto dos materiais escritos, dão-nos evidências de que a fragmentação do conhecimento nesta área de estudo não pode ser justificada sem a análise dos aspectos interacionistas do processo ensino-aprendizagem.

Acreditamos que os resultados do nosso estudo possam servir para orientar tanto as análises sobre a estrutura curricular do Curso de Fonoaudiologia da UNESP, Câmpus de Marília, realizadas pelo Conselho de Curso, como também orientar o processo de elaboração das provas utilizadas na seleção dos candidatos às vagas dos cursos da área das Ciências Biológicas oferecidos pela Universidade.

A exigência de maior domínio de conceitos dos estudantes, nesta área específica do conhecimento, poderá acelerar o processo de evolução conceitual dos futuros profissionais, tanto



na área específica da Fonoaudiologia como em outros campos das áreas das Ciências Biológicas.

6 CONCLUSÕES FINAIS

Os resultados da pesquisa mostram a interferência dos aspectos organizacionais do ambiente escolar na forma de conceituação e na transformação conceitual dos estudantes. Além disso, explicitam características cognitivas, estruturais e funcionais, as quais refletem a influência dos aspectos interacionistas no processo ensino-aprendizagem. Dão-nos, também, fortes indícios da efetividade do emprego dos pressupostos construtivistas na organização do ambiente de aprendizagem escolar.

A aplicação prática desses pressupostos, na organização e na implementação do programa de ensino da disciplina Fisiologia geral, resultou em: a. aumento significativo dos níveis de domínio de conceitos e relações investigados na pesquisa; b. construção de significados, identificados inicialmente como ausentes; c. transformação de significados identificados inicialmente como errôneos; d. aprendizagem significativa dos sujeitos.

Embora os resultados deste estudo sejam representativos de uma amostra particular de estudantes, refletem claramente os principais problemas do ensino de Ciências em nível de primeiro e segundo graus.

Os resultados sugerem investigações mais aprofundadas a respeito das relações entre o conhecimento dos estudantes e os aspectos organizacionais do ambiente com o qual interagem.

Acreditamos que investigações mais aprofundadas nesse sentido poderão nos conduzir a uma melhor compreensão da gênese e evolução dos significados na área das Ciências Biológicas.



Por outro lado, o emprego de princípios e estratégias didáticas, segundo teorias de aprendizagem e ensino, podem conduzir professores e alunos à descoberta do verdadeiro método, inerente ao aprender e ao ensinar.

O ensino, na busca da aprendizagem significativa, a qual possibilita a utilização do conhecimento pelos seres humanos é função de arcabouços conceituais, construídos através da gênese de significados, tanto de natureza espontânea quanto científica, em graus máximos de convergência.

O uso do conhecimento humano exige, como instrumento mediador, a presença de sistemas conceituais, altamente organizados, segundo o nível de generalidade dos conceitos. Embora os significados reflitam as experiências vividas, não se organizam no arcabouço conceitual, segundo o ambiente onde ocorrem, mas de acordo com os aspectos da interação. Tais aspectos podem ser manipulados, deliberadamente, apenas no ambiente de aprendizagem escolar.

Acreditamos ser o *aprender significativamente*, o grande desafio de quem ensina. Daí acreditarmos serem os resultados de aprendizagem os indicadores pedagógicos, os quais também devem nortear o método.

Este estudo constituiu investigação valiosa vivenciada por nós, professores e alunos do Curso de Fonoaudiologia, por se realizar através de um processo, ensino-aprendizagem, interativo. Gerou e transformou significados e, certamente, se fez substancial na evolução de nossos conceitos sobre o ensinar e o aprender.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMORIN, A. *Fundamentos científicos da Fonoaudiologia*. São Paulo: Livraria Editora Ciências Humanas, 1980.
- APOSTEL, L., MAY, W., MORF, A., PIAGET, J. *Les liaisons analytiques et synthétiques dans les comportements du sujet*. Paris: Universitaire de France, 1957.
- AULT JR., C. R. Concept mapping as a study strategy in earth science education. *Journal of College Science Teaching*, v.1, n.15, p.38-44, 1985.
- _____, NOVAK, J. D., GOWIN, D. B. Constructing vee maps clinical interview on molecule e concepts. *Science Education*, v.4, n.68, p.441-62, 1984.
- AUSUBEL, D. P. A transfer of training approach to improving the functional retention of medical knowledge. *Journal of Medical Education*, n.23, p.647-55, 1962.
- _____. *The psychology of meaningful verbal learning*. New York: Grune & Stratton, 1963.
- _____. *Education psychology: a cognitive view*. New York: Holt Rinehart and Winton, 1968.
- _____. In defense of advance organizers: a reply to critics. *Review of Education Research Spring*, v.2, n.48, p.251-7, 1978.
- _____, NOVAK, J. D., HANESIAN, H. *Psicologia educacional*. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.
- BANET, E. E., NUNES, F. Ideas de los alumnos sobre la digestion: aspectos fisiológicos. *Ensenanza de las Ciencias*, v.1, n.7, p.34-5, 1989.
- BOVET, M., PARRAT-DAYAN, S., VONECHE, J. *Causalidade e aprendizagem*. FACULDADE DE PSICOLOGIA E DAS CIÊNCIAS DA EDUCAÇÃO, CH-1211, Genebra, Suíça.



- CHIAROTTINO, Z. R. *Psicologia e epistemologia genética de Jean Piaget*. São Paulo: EPU, 1988.
- COLL, C. As contribuições da psicologia para a educação: teoria genética e aprendizagem escolar. In: *PIAGET e a escola de genebra*. São Paulo: Cortez, 1987. p.164-97.
- GILLIÈRON, C., PIAGET, J. O desenvolvimento da inteligência e a construção do pensamento racional. In: *PIAGET e a Escola de Genebra*. São Paulo: Cortez, 1987. p.13-50.
- FARIA, W. *Aprendizagem e planejamento de ensino*. São Paulo: Ática, 1989.
- GAGE, N. L. Theories of teaching. In: *THEORIES of learning and instruction*. Chicago: University of Chicago Press, 1964. part 1, p.268-9.
- GLASSERFELD, E. V. Cognition, construction of knowledge and Teaching. *Synthese*, n.80, p.121-140, 1989.
- GOWIN, D. B. *Educating*. Ihaca, NY: Cornell University Press, 1981.
- _____. The estrutura of Knowledge. *Education theory*, v.4, n.20, p.319-28, 1979.
- JOHNSON JR., M. M. Definições e modelos na teoria do currículo. In: MESSICK, R. G., PAIXÃO, L., BASTOS, L. da R. *Currículo: análise e debates*. Rio de Janeiro: Zahar, 1980. p. 13-32 Original inglês.
- KRASILCHIK, M. *O professor e o currículo das ciências*. São Paulo: EPU, 1987.
- LEONTIEV, A. N. Uma contribuição à teoria do desenvolvimento da psique infantil. In: VYGOTSKY, L. S., LURIA, A. R., LEONTIEV, A. N. *Linguagem, desenvolvimento e aprendizagem*. São Paulo: Ícone, Ed. Universidade de São Paulo, 1988. p.58-83.



- LEVIN, J. *Estatística aplicada as Ciências Humanas*. São Paulo: Arbra, 1987.
- LURIA, A. R. Diferenças culturais de pensamento. In: VYGOTSKY, L. S., LURIA, A. R., LEONTIEV, A. N. *Linguagem, desenvolvimento e aprendizagem*. São Paulo: Ícone, Ed. Universidade de São Paulo, 1988. p. 48.
- MANSINI, E. A. S. *Sistematização e aplicação de recursos facilitadores de aprendizagem significativa, propostos por Ausubel, numa situação de sala de aula*. São Paulo, 1976. Dissertação (Mestrado) - Pontifícia Universidade Católica.
- MOREIRA, M. A. Mapas conceituais como instrumentos para promover a diferenciação conceitual progressiva e a reconciliação integrativa. *Ciência e Cultura*, v.4, n.32, abr. 1980.
- _____. *Pesquisa em ensino: o vê epistemológico de Gowin*. São Paulo: EPU, 1990.
- _____, AXT, R. Referenciais para análise e planejamento de currículo em ensino em ciências. *Ciência e Cultura*, v.3, n.39, p.250-8, 1986.
- NATADZE, R. G. Aprendizagem dos conceitos científicos na escola. In: LURIA, A., LEONTIEV, A., VYGOTSKY, L. S. et al. *Psicologia e Pedagogia II*. Lisboa: Editorial Estampa, 1991. p. 27-34.
- NOVAK, J. D. *Uma teoria de educação*. São Paulo: Pioneira, 1981.
- OKEKUKA, P. A., JEGEDE, O. J. Cognitive preference and learning mode as determinants of meaningful learning through concept mapping. *Science Education*, v.4, n.72, p.489-500, 1988.
- PIAGET, J. *Psicologia y epistemologia*. Barcelona: Ariel, 1971.



- _____. *Para onde vai a educação?* Trad. I. Braga. Rio de Janeiro: J. Olympio, 1988.
- RONCA, A. C. C. *A influência de organizadores prévios na aprendizagem significativa de textos de ensino.* São Paulo, 1976. Dissertação (Mestrado) - Pontifícia Universidade Católica. SÃO PAULO: EDUSP, 1979.
- ROWELL, J. A. Piagetian epistemology: equilibration and the teaching of science. *Synthese*, n.80, p.141-62, 1989.
- SCHWAB, J. J. Problemas, tópicos y puntos en discusion. In: ELAM, S. *La educacion y la estructura del conocimiento.* Buenos Aires: El Ateneo, 1973.
- SILVA JR., da C., SASSON, S. *Biologia.* São Paulo: Atual, 1984. 2v.
- SILVEIRA, L. da S., MOREIRA, M. A., AXT, R. Validação de um teste para detectar se o aluno possui a concepção newtoniana sobre força e movimento. *Ciência e Cultura*, v.12, n.38, 1986.
- SISTEMA Anglo de ensino. São Paulo: Anglo, 1984/85a. (Biologia: introdução, 41).
- _____. São Paulo: Anglo, 1984/85b. (Biologia: biologia celular, 41).
- _____. São Paulo: Anglo, 1984/85c. (Biologia: fisiologia animal, 43).
- STEWART, K., KIRK, J. V., ROWELL, R. Concepts maps: a toll for use en biology teaching. *The American biology teacher*, v.3, n.3, Mar. 1979.
- VANDER, A. J., SHERMAN, J. H., LUCIANO, D. S. *Fisiologia humana.* São Paulo: Mac Graw-Hill do Brasil, 1981.
- VYGOTSKY, L. S. *Pensamento e linguagem.* São Paulo: Martins Fontes, 1991.



ANEXOS. *A formação social da mente.* São Paulo: Martins Fontes, 1989.

WACHOWICZ, L. A. *O método dialético na didática.* Campinas: Papirus, 1989.

WADDINGTON, C. H. *O homem e a ciência: instrumental para o pensamento.* São Paulo: EDUSP, 1979.



ANEXOS

A. Questões de múltipla escolha

Instruções Gerais

01. Leia com atenção e assinale *apenas uma* alternativa, de acordo com o enunciado de cada questão.

02. Transcreva para o gabarito, presente na última folha, a alternativa assinalada.

03. Deixe em branco a(s) questão(ões) que não souber. NÃO “CHUTE”.

04. Consulte o professor quando tiver dúvidas quanto à interpretação do texto utilizado na elaboração das questões.

05. O resultado deste teste ajudará na reorientação do programa de ensino da disciplina Fisiologia Geral, tornando-o mais adequado ao seu conhecimento.



Questões

01. Quanto a membrana plasmática, é correto afirmar:

- a. É lipoproteica, constituída de duas camadas de proteínas e uma de fosfolípedes e, portanto, impermeável às substâncias hidrossolúveis.
- b. Contém poros de diâmetros semelhantes.
- c. Contém determinadas substâncias químicas com a função de transportar ou carrear substâncias químicas específicas.
- d. Apenas as alternativas (a) e (b) estão corretas.
- e. Apenas as alternativas (a) e (c) estão corretas.

02. É correto afirmar:

- a. A constituição da membrana plasmática impede a passagem por dissolução de substâncias lipossolúveis.
- b. O transporte de substâncias químicas, através dos poros, depende do peso molecular da substância, do diâmetro da partícula e do diâmetro do poro.
- c. A carga elétrica da partícula a ser transportada também influencia o seu transporte através da membrana, uma vez estarem presentes nos poros da membrana proteínas eletricamente carregadas.
- d. Duas alternativas estão corretas.
- e. Todas as alternativas estão corretas.

03. É correto afirmar:

- a. Substâncias hidrossolúveis difundem-se facilmente pela membrana plasmática.
- b. Agentes químicos ou físicos podem alterar a estrutura química da membrana plasmática e, conseqüentemente, a sua permeabilidade.
- c. Fatores físicos como temperatura e pressão, dificilmente alteram a estrutura química da membrana plasmática e, conseqüentemente, a sua permeabilidade.
- d. A permeabilidade da membrana plasmática dificilmente é alterada. Mantêm-se impermeável sempre a determinados íons e permeável a outros.
- e. Três alternativas estão corretas.

04. São fatores que interferem na velocidade de transporte de substâncias químicas através da membrana plasmática:

- a. Apenas fatores estruturais da membrana como, por exemplo, a espessura e o diâmetro dos poros.
- b. Fatores estruturais da membrana, da substância a ser transportada e fatores ambientais como, por exemplo, a temperatura.
- c. Apenas o peso molecular da substância a ser transportada.
- d. Apenas a espessura da membrana.
- e. Apenas as características químicas da substância a ser transportada.

05. Quanto aos vários tipos de transporte de substâncias químicas através da membrana, é correto afirmar:

- a. Ocorrem sempre na mesma velocidade para uma determinada substância química.



- b. Dependem apenas das diferenças de concentração e elétrica (d.d.p.) entre os meios intra e extracelulares para ocorrerem.
- c. Podem ser ativos ou passivos dependendo das diferenças de concentração entre os meios.
- d. Dependem de fatores como gradiente, permeabilidade celular e do metabolismo celular.
- e. Ocorrem sempre a favor do gradiente de concentração.

06. Assinale a alternativa *incorreta*.

- a. O metabolismo celular *não depende* das características estruturais da célula ou da composição do líquido extracelular.
- b. A estrutura celular predetermina em grande parte o seu funcionamento.
- c. A presença predominante de determinadas organelas citoplasmáticas pode indicar o desempenho de determinadas funções celulares.
- d. Células semelhantes morfologicamente, geralmente desempenham funções semelhantes.
- e. Uma unidade funcional não é, necessariamente, constituída de uma única célula ou grupo de células semelhantes morfologicamente.

07. É correto afirmar em relação aos vários tipos de células musculares:

- a. Apresentam uma estrutura contrátil comum denominada sarcômero.



- b. Apresentam uma estrutura contrátil denominada sarcômero, que se apresenta organizada de forma semelhante nos diferentes tipos de células musculares (lisa, cardíaca e esquelética).
- c. As diferenças estruturais entre células musculares lisas, esqueléticas e cardíacas justificam as diferenças entre características funcionais do fenômeno da contração.
- e. Todas as células musculares (lisas, cardíacas e esqueléticas) apresentam as mesmas características funcionais.

08. Em relação à composição dos líquidos orgânicos (LEC) e (LIC) podemos afirmar:

- a. O líquido extracelular (LEC) é mais rico em íons potássio que o líquido intracelular (LIC).
- b. O líquido extracelular possui a mesma composição iônica que o líquido intracelular.
- c. A composição dos líquidos intra e extracelulares tende ser alterada constantemente em função da ingestão de alimentos e do metabolismo celular.
- d. O líquido intracelular é mais rico em cátions que o líquido extracelular.
- e. Os líquidos orgânicos apresentam a mesma composição química por estarem em constantes trocas.

09. Os líquidos orgânicos (LEC) e (LIC) apresentam:

- a. Potencial elétrico e concentração iônica semelhante.



- b. Constituição iônica diferente em relação a concentração de determinados íons como sódio, potássio, porém não existem diferenças elétricas entre eles por serem eletricamente neutros.
- c. Constituição química diferente o que gera um gradiente elétrico e de concentração entre eles.
- d. Composição química diferente o que os torna eletricamente neutros.
- e. Apenas duas alternativas estão corretas.

10. É correto afirmar:

- a. A composição dos líquidos orgânicos está constantemente sendo alterada em função do catabolismo e do anabolismo celular.
- b. A composição dos líquidos orgânicos nunca se altera, caso contrário as células entrariam em turgescência ou murchamento.
- c. Nos líquidos orgânicos existem reações químicas que ajudam a neutralizar os efeitos das variações químicas e físicas, fato que os mantém em equilíbrio dinâmico.
- d. As alternativas (a) e (b) estão corretas.
- e. As alternativas (a) e (c) estão corretas

11. Quanto às relações entre as características físico-químicas dos líquidos corporais e a homeostasia, é correto afirmar:

- a. Não existe relação de dependência, pois a homeostasia depende do funcionamento de órgãos e aparelhos.
- b. A manutenção das características dos líquidos orgânicos depende do funcionamento dos órgãos e aparelhos e vice-versa.

- c. As características físico-químicas dos líquidos *não* são alteradas e, portanto, pouco influenciam a homeostasia do organismo.
- d. A composição dos líquidos orgânicos depende da ingestão de alimentos e, portanto, independe do funcionamento de órgãos e aparelhos.
- e. As alternativas (a) e (c) estão corretas.

12. Um gradiente elétrico ou de concentração aparece quando:

- a. Existem diferenças elétricas ou de concentração em meios contendo soluções iônicas.
- b. A distribuição de íons em uma solução não é uniforme.
- c. Existem diferentes pressões exercidas por forças elétricas ou de concentração entre dois meios separados ou não por uma barreira a qual impede que se igualem.
- d. As alternativas (a) e (b) estão corretas.
- e. Todas as alternativas estão corretas.

13. Em relação aos gradientes elétrico e de concentração entre os líquidos-orgânicos (LEC) e (LIC) é *incorreto* afirmar:

- a. Desaparece após a variação de permeabilidade das membranas plasmáticas.
- b. Ocorre em função da permeabilidade seletiva da membrana plasmática.
- c. Ocorre em função do transporte ativo de membrana, denominado bomba de sódio e potássio.
- d. Desaparece durante o estado de repouso celular.
- e. Ocorre em função do transporte passivo de determinados íons.

14. O termo *Potencial* pode ser definido da seguinte forma:

- a. Somatória de todas as forças que atuam em um determinado meio ou corpo.
- b. Somatória das energias que atuam num sistema ou corpo.
- c. Somatória da energia disponível num sistema ou corpo.
- d. As alternativas (a) e (b) estão corretas.
- e. As alternativas (a) e (c) estão corretas.

15. É *falso* afirmar:

- a. O potencial de repouso celular varia de acordo com o tipo de célula.
- b. O potencial de repouso é mantido em função das características estruturais e funcionais da célula como, por exemplo, o metabolismo celular, a estrutura da membrana, transporte ativo e etc.
- c. No potencial de repouso celular encontramos a maior quantidade de íons no líquido extracelular porque a membrana plasmática é praticamente impermeável a esse íon, em estado de repouso.
- d. O potencial celular nunca varia porque as características físico-químicas da membrana plasmática *não* se modificam.
- e. A variação do potencial de repouso celular ocorre durante a variação da permeabilidade celular.

16. É correto afirmar:

- a. O fenômeno *Potencial de Ação* é desencadeado durante a variação da permeabilidade celular.



- b. Para ocorrer o fenômeno Potencial de Ação, é necessário que haja gradiente de concentração iônica entre os meios.
- c. Durante o Potencial de Ação, ocorre uma inversão do potencial elétrico entre os líquidos intra e extracelulares.
- d. Duas alternativas estão corretas.
- e. As três alternativas estão corretas.

17. É correto afirmar:

- a. O potencial de ação é o sinal neural a partir do qual um conjunto de respostas aparecem no organismo em nível muscular ou glandular.
- b. As várias respostas musculares e glandulares do organismo aos estímulos ambientais os quais são traduzidos pelo sistema nervoso como um conjunto de sinais neurais, colocam o organismo em um novo patamar funcional.
- c. Os potenciais de ação, desencadeados em fibras musculares, são fundamentais na coordenação de formas específicas de funcionamento de órgãos e aparelhos onde estão presentes.
- d. As alternativas (a) e (b) estão corretas.
- e. As três alternativas estão corretas.

18. Assinale a alternativa correta:

- a. A membrana plasmática de células de tecidos diferentes podem apresentar características estruturais semelhantes, porém, *nunca* iguais.



b. As células musculares cardíacas, lisas e esqueléticas não apresentam diferenças quanto as características estruturais da membrana plasmática.

c. A unidade contrátil denominada sarcômero aparece com organização diferente nas células musculares lisas, cardíacas e esqueléticas, porém, essas diferenças estruturais não determinam diferenças funcionais. Todas as células se contraem com as mesmas características.

d. As diferenças entre os vários tipos de células musculares (lisas, cardíacas e esqueléticas) referem-se ao órgão ou aparelho onde se localizam, daí serem denominadas desta maneira.

e. Três alternativas estão corretas.

19. É correto afirmar:

a. Em função da contração isotônica das fibras musculares cardíacas, a pressão ventricular pode aumentar o suficiente para provocar a abertura da válvula aórtica.

b. O levantamento de pesos, a articulação de sons, a emissão de sons de intensidades diferentes pelos seres humanos só é possível graças às contrações isotônicas ou isométricas de músculos presentes nos órgãos ou aparelhos envolvidos nos processos citados.

c. A dilatação dos capilares teciduais ocorre em função da contração dos músculos presentes em suas paredes, em resposta apenas às variações metabólicas teciduais.

d. Tanto o estiramento da musculatura esquelética como da lisa têm como consequência um relaxamento receptivo posterior.

e. Todas as alternativas estão corretas.



20. Em relação aos músculos esqueléticos, também chamados músculos do movimento, é correto afirmar:

- a. Podem contrair-se espontaneamente.
- b. Podem apresentar potenciais de ação em picos em função de várias características estruturais, entre elas um retículo sarcoplasmático desenvolvido.
- c. Podem apresentar potenciais de ação em ondas lentas em função da variação freqüente da permeabilidade da membrana.
- d. Podem contrair-se independentemente de estímulos nervosos.
- e. Podem contrair-se de maneira isotônica, isométrica, rítmica e espontânea.

21. Em relação à musculatura geral do organismo podemos afirmar:

- a. Apresenta características morfofuncionais semelhantes em função da presença de estruturas contráteis comuns.
- b. Apresenta características morfofuncionais específicas e de acordo com a localização no organismo, podem participar de vários mecanismos funcionais também distintos.
- c. Participam de todos os processos envolvidos na homeostasia do organismo.
- d. As alternativas (a) e (c) estão corretas.
- e. Todas as alternativas estão corretas.

22. É correto afirmar:

- a. O meio líquido que banha a fibra muscular esquelética, quando varia a sua composição físico-química, pode alterar a permeabilidade da membrana da fibra e desencadear o fenômeno potencial de ação.
- b. O meio líquido onde se encontram as fibras musculares lisas ou as cardíacas, quando apresenta variação na sua composição, pode alterar a permeabilidade das membranas dessas fibras e desencadear o fenômeno potencial de ação.
- c. Estímulos físicos como, por exemplo, a distensão, podem provocar respostas reflexas apenas na musculatura esquelética.
- d. Uma contração reflexa é sempre dependente de um estímulo nervoso, mesmo na musculatura lisa ou cardíaca.
- e. Nenhuma das afirmações anteriores está correta.

23. Quanto ao mecanismo de transmissão de estímulos nervosos

23. Em relação às sensações DOR, TATO, PRAZER, VISÃO, AUDIÇÃO, entre outras, é correto afirmar:

a. Varia apenas quanto a determinadas características como, por

- a. São percebidas e processadas no local onde o organismo foi estimulado.
- b. Dependem, na maioria das vezes, da integração de vários estímulos periféricos desencadeados concomitantemente, mesmo que a sensação produzida seja de um só tipo.
- c. Podem desencadear sinais nervosos que geram respostas musculares em nível de musculatura geral (lisa, esquelética e cardíaca), porém, **nunca** ao mesmo tempo.
- d. Nunca ocorrem sem que haja estímulos físicos ou químicos.
- e. Todas as alternativas estão corretas.

a. Energia disponível nas células nervosas que mantém o funcionamento da bomba de sódio e potássio

24. A discriminação de uma dada modalidade de estímulo nervoso depende de:

- a. Mecanismos neurogênicos que envolvem principalmente o fenômeno da adaptação.
- b. Mecanismos neurogênicos que envolvem principalmente o fenômeno da facilitação lateral na condução do estímulo por uma determinada via nervosa.
- c. Processos de recepção de estímulos que se relacionam ao número e tipos de receptores.
- d. As alternativas (a) e (b) estão corretas.
- e. As alternativas (b) e (c) estão corretas.

25. Quanto ao mecanismo de transmissão de estímulos nervosos que ocorrem nos vários tipos de fibras nervosas:

- a. Varia apenas quanto a determinadas características como, por exemplo, velocidade de condução em função de diferenças estruturais entre elas.
- b. É sempre igual para todos os tipos de neurônios.
- c. É diferente dependendo *apenas* da sua localização.
- d. Difere fundamentalmente quanto ao tipo de neurotransmissor.
- e. Nenhuma das alternativas está correta.

26. O processo de transmissão de estímulos entre neurônios depende da(o):

- a. Energia disponível nas células nervosas que mantêm o funcionamento da bomba de sódio e potássio.



- b. Quantidade de neurotransmissor disponível.
- c. Tipo de neurotransmissor (inibidor ou estimulador).
- d. Gradiente eletroquímico entre os meios intraneuronal e extraneuronais (fenda sináptica).
- e. Todas as alternativas estão corretas.

27. Quanto à velocidade de condução de estímulos nervosos em fibras nervosas é correto afirmar:

- a. É maior em fibras mielinizadas.
- b. É maior em fibras amielínicas.
- c. Não depende de bainha de mielina.
- d. Varia *apenas* de acordo com a intensidade dos estímulos.
- e. Nenhuma das alternativas está correta.

28. A modalidade das sensações é determinada por mecanismos neurogênicos envolvidos nos seguintes processos:

- a. Recepção, transmissão e processamento de sinais.
- b. Apenas recepção, de acordo com o tipo de receptor estimulado.
- c. Apenas do processamento dos sinais neuronais independentemente do nível funcional do sistema nervoso central.
- d. Processamento das informações, principalmente em nível medular.
- e. Duas alternativas estão corretas.

29. Quanto ao processamento das informações nervosas é correto afirmar:



- a. Depende do mecanismo de recepção de estímulos.
- b. Depende essencialmente da integração de estímulos nervosos que ocorrem em todos os níveis do sistema nervoso (medular, tronco cerebral e córtex).
- c. Ocorre essencialmente em nível medular.
- d. As alternativas (a) e (b) estão corretas.
- e. As alternativas (b) e (c) estão corretas.

30. É **incorreto** afirmar:

- a. O mecanismo de integração de informações durante o processamento de sinais nervosos, que envolve a presença de circuitos neuronais do tipo divergente, permite a multiplicação do sinal nervoso.
- b. Os circuitos convergentes, presentes na organização espacial do sistema nervoso, ocorrem **apenas** em nível cortical. Este tipo de organização de fibras neuronais representa uma economia energética para o cérebro, pois permite filtrar informações originárias em vários locais distintos da superfície do organismo.
- c. A presença de circuitos reverberativos na organização espacial do Sistema Nervoso permite a manutenção de estímulos no sistema o que favorece o processo de armazenamento de informações.
- d. Os circuitos neuronais divergentes permitem a integração dos estímulos em regiões diferentes do Sistema Nervoso.
- e. Os vários tipos de circuitos neuronais só ocorrem em regiões centrais do Sistema Nervoso, em locais de processamento de respostas.

31. Em relação ao processo de *memorização* é correto afirmar:

- a. Pode ser considerado mecanismo orgânico, fundamental no processo de adaptação do organismo vivo às variações ambientais.
- b. Depende da frequência e intensidade do estímulo e da presença de circuitos reverberativos nas vias de transmissão do Sistema Nervoso.
- c. Garante o eliciar de sensações e pensamentos mesmo na ausência de estímulos físicos ou químicos.
- d. É influenciada por sensações de prazer ou de punição geradas em função de terminados estímulos.
- e. Todas as alternativas estão corretas.

32. É correto afirmar:

- a. A capacidade de adaptação do organismo humano às variações do ambiente físico depende de mecanismos orgânicos de controle das principais funções.
- b. O sistema hormonal possui mecanismos de ação que controlam o metabolismo celular, interferindo, assim, na homeostasia do organismo.
- c. O metabolismo celular dos diversos órgãos e sistemas pode interferir em funções vitais como, por exemplo, a circulação sanguínea.
- d. As alternativas (a) e (b) estão corretas.
- e. Todas as alternativas estão corretas.

33. Sobre o funcionamento dos sistemas orgânicos é correto afirmar:



- a. Cada sistema orgânico desempenha funções específicas que não dependem do funcionamento dos outros sistemas.
- b. O funcionamento do sistema circulatório depende apenas do coração e dos vasos sanguíneos.
- c. O funcionamento harmônico do organismo vivo depende fundamentalmente das variações ambientais que selecionam organismos mais aptos.
- d. Os efeitos causados pelas variações ambientais no organismo vivo dependem do processo de interação entre o agente (estímulo) e o organismo.
- e. Os efeitos causados pelas variações ambientais no organismo vivo dependem essencialmente do tipo de estímulo ambiental.

34. É correto afirmar:

- a. O sistema nervoso atua sobre o sistema muscular esquelético promovendo os movimentos do corpo e, portanto, a adaptação do organismo às variações ambientais.
- b. O sistema nervoso atua sobre todas as funções celulares, daí ser considerado controlador das funções orgânicas.
- c. O sistema nervoso é responsável pela captação das variações ambientais e desencadeamento de respostas orgânicas pelos sistemas musculares e glandulares.
- d. As alternativas (a) e (c) estão corretas.
- e. Todas as alternativas estão corretas.

B. Questões inseridas nas avaliações da disciplina Fisiologia Geral

01. Descreva as principais características de um sistema aberto em equilíbrio dinâmico.
02. Explique o que são mecanismos gerais e específicos de funcionamento e controle de um sistema em equilíbrio dinâmico.
03. Explique o porque do organismo humano poder manter a homeostasia em vários estados funcionais.
04. Explique porque a permeabilidade celular pode ser alterada para uma mesma substância molecular ou íon. (considere a variação ocorrendo em um só tipo de célula).
05. Cite e explique alguns dos fatores que contribuem com a manutenção do gradiente eletroquímico entre LEC e LIC.
06. Explique o aparecimento do "Potencial celular".
07. Explique como a diferença de potencial celular pode ser alterada.
08. Descreva o fenômeno potencial de ação e explique as várias etapas de sua ocorrência (despolarização e repolarização).
09. Explique as diferenças entre os valores de potencial de repouso celular encontrados nos diferentes tipos celulares (musculatura lisa, esquelética, cardíaca e nervos).
10. Por que as formas de funcionamento dos diversos tipos de musculatura podem ser consideradas mecanismos de coordenação funcional?
11. Explique, dando exemplo dos locais onde podem ocorrer, o desencadeamento de respostas musculares provocadas pelos seguintes fatores:
 - a. ingestão de alimentos quentes.
 - b. aumento do volume sanguíneo provocado por soro fisiológico.

- c. aumento de íons potássio no LEC.
 - d. aumento de adrenalina circulante.
12. Cite e explique os fatores que determinam as diferenças funcionais dos vários tipos de musculatura (lisa, cardíaca e esquelética).
13. Que tipos de fatores podem bloquear as contrações musculares lisas, cardíacas e esqueléticas? Justifique.
14. Discorra sobre a importância de se estudarem mecanismos *gerais e específicos de funcionamento e controle* das funções orgânicas.
15. Explique porque os hormônios participam do mecanismo geral de controle metabólico e, conseqüentemente, da manutenção da homeostasia orgânica.
16. Cite e explique mecanismos gerais de controle de funções específicas do aparelho digestivo como, por exemplo, a de condução de alimentos.
17. Uma função específica de um determinado sistema orgânico pode interferir em um mecanismo geral de controle de funções? Justifique sua resposta.
18. Dê exemplos de alterações no funcionamento específico dos sistemas orgânicos, abaixo relacionados, que determinam alterações metabólicas. Justifique suas respostas.
- a. sistema cardiovascular
 - b. sistema renal
 - c. sistema renal
 - d. sistema hormonal
 - e. sistema digestivo
19. Explique o papel dos mecanismos gerais e específicos na homeostasia do organismo humano durante um estado funcional qualquer.



C. Roteiro de perguntas utilizado nas entrevistas clínicas

01. Que idéia você tem das células? Elas são, quanto à estrutura e função, iguais ou diferentes?
02. O que diferencia uma célula secretora de uma célula muscular?
03. Mas em que as células são diferentes: na estrutura ou na função? Você saberia dar um exemplo?
04. Você acha que as células podem ter a estrutura físico-química modificada frente às variações físico-químicas do meio? Você saberia citar um exemplo?
05. E em relação à função, você acha que pode ser alterada de acordo com as variações ambientais?
06. Poderiam ocorrer alterações temporárias, reversíveis, que durassem apenas o tempo de duração do estímulo?
07. Qual a idéia que você tem da membrana plasmática? Como imagina a membrana?
08. O que significa *permeabilidade seletiva*?
09. Se você tivesse que classificar a permeabilidade celular, classificaria essa propriedade como morfológica, funcional ou morfofuncional?
10. Como ocorrem os transportes de substâncias através da membrana plasmática? Sabe classificá-los?
11. Quais são as condições para que ocorram as várias formas de transporte de substâncias químicas através da membrana plasmática?
12. O que caracteriza cada uma das formas de transporte?
13. Qual a composição química dos líquidos corporais, intra e extracelulares?
14. Como você define gradiente?



15. Qual a relação entre os gradientes elétricos e de concentração celulares e o transporte de substâncias através da membrana?
16. Quais as condições para a ocorrência do gradiente eletroquímico no organismo humano?
17. Defina potencial.
18. Defina *potencial de ação celular*.
19. Quais as condições necessárias à ocorrência do potencial de ação celular?
20. Defina e dê alguns exemplos de mecanismos de funcionamento e controle (neurogênicos e miogênicos).
21. Você considera o organismo humano, um sistema aberto ou fechado? Por quê?



D. Programa de ensino da disciplina Fisiologia Geral e seus objetivos específicos

carga horária

assuntos

Unidade I.
(8 horas/aula)

- Aspectos gerais sobre a organização da disciplina Fisiologia Geral, seus objetivos gerais e específicos.
- Noções do “Ato de estudo”.
- Organização funcional do corpo humano com base na análise de relações entre as funções gerais e específicas dos sistemas orgânicos e os mecanismos de controle do meio interno.
 - a. o organismo humano caracterizado como sistema aberto em equilíbrio dinâmico.
 - b. as funções de nutrição e excreção em homeostasia.
 - c. controle nervoso, miogênico e humoral das funções orgânicas.

“Organizadores Prévios”

- Noções de sistemas abertos e fechados em equilíbrio dinâmico.
- Aspectos gerais, anatômicos e funcionais, do



organismo humano.

Objetivos: O aluno deverá ser capaz de:

01. Descrever a organização funcional do organismo humano, indicando os mecanismos gerais e específicos de órgãos e sistemas envolvidos na manutenção da homeostasia.
02. Caracterizar a homeostasia humana em função de variações de agentes físicos, químicos, identificando os respectivos mecanismos de controle (neurogênicos, miogênicos e humorais).
03. Identificar em um modelo físico de sistema aberto e dinâmico os mecanismos gerais e específicos de controle de funcionamento.
04. Correlacionar, em um modelo de sistema físico em equilíbrio dinâmico e progressivo, os sistemas e mecanismos orgânicos, envolvidos na homeostasia do organismo humano.

Unidade II.

(30 horas/aula)

-Características físico-químicas dos líquidos corporais e da membrana plasmática e suas relações com os fenômenos transmembrana.

- a. potencial celular.
- b. transportes de substâncias químicas através da membrana celular durante as variações do gradiente eletroquímico entre os líquidos

extracelulares (plasma, líquido e filtrado renal) e os líquidos intracelulares.

c. potencial de ação celular.

“Organizadores Prévios”

- Conceitos de gradiente, pressão de difusão, pressão osmótica, potencial.
- Propriedades físico-químicas dos líquidos orgânicos e da membrana plasmática.

Aula prática:

Observação de eritrócitos durante a variação do gradiente de concentração entre os meios interno e externo.

Objetivos: O aluno deverá ser capaz de:

01. Citar os principais componentes químicos dos líquidos orgânicos (LEC e LIC) indicando as propriedades eletroge-niônicas.
02. Demonstrar compreensão do conceito de gradiente através da identificação de gradientes, elétrico e de concentração, em modelos de soluções iônicas preestabelecidos.
03. Demonstrar compreensão do conceito de Potencial celular através da identificação de diferentes tipos de potenciais de ação desencadeados em tipos celulares diferentes.



04. Citar e explicar cada modalidade de transporte de substâncias, através da membrana celular, durante variações do gradiente elétrico e de concentração.
05. Explicar a influência das variações dos gradientes de concentração nos transportes de substâncias.
06. Demonstrar compreensão sobre o fenômeno "Potencial de Ação Celular" através da análise de seus registros nos vários tipos celulares, (neurônios, células musculares lisas, cardíacas e esqueléticas).

Unidade III.

(30 horas/aula)

- Mecanismos neurogênicos envolvidos na manutenção da homeostasia orgânica.
 - a. a transformação de estímulos físicos e químicos em sinais nervosos e a produção e de:
 - a₁. sensações somestésias.
 - b. contrações musculares relacionadas com o movimento de vísceras, de membros e de liberação de secreções glandulares.
 - c. contrações musculares relacionadas com o movimento do corpo, controle da liberação de secreções glandulares e com funções específicas viscerais.

Aula prática:



- Demonstração de mecanismos neurogênicos, através da manifestação da sensibilidade humana.

a. mecanismos neurogênicos envolvidos na:

- a₁. recepção de estímulos: potencial gerador.
- a₂. transmissão de estímulos: condução de sinais nervosos, inibição da condução de sinais, facilitação da condução de sinais, excitação e inibição da transmissão sináptica.
- a₃. processamento de informações: discriminação da modalidade e da amplitude de estímulos, localização espacial de estímulos, somação temporal e espacial de estímulos nervosos.

“Organizadores prévios”

- Noções sobre a organização morfológica geral do Sistema Nervoso Central e Periférico.
- Conceito de potencial de ação celular.
- Conceito funcional de fibras nervosas mielínicas e amielínicas quanto a características de propagação de potenciais de ação.
- Noções da organização morfológica dos principais tratos nervosos envolvidos na condução dos sinais sensoriais e motores.

Objetivos: O aluno deverá ser capaz de:

01. Identificar a participação dos diversos níveis de organização funcional geral do sistema nervoso durante determinadas respostas orgânicas (somestésicas, musculares e glandula-



res) a estímulos ambientais físicos, químicos e sociais.

02. Citar e explicar os mecanismos neurogênicos da recepção, condução, transmissão e processamento dos estímulos ambientais.
03. Compreender os mecanismos de processamento de sinais nervosos orgânicos através da interpretação da manifestação de sensações somestésicas.
04. Compreender os mecanismos neurogênicos de manutenção da homeostasia orgânica através da análise das características morfofuncionais que explicam os processos da recepção, condução, transmissão e o processamento de sinais nervosos.

Unidade IV.

(24 horas/aula)

-Mecanismos Miogênicos envolvidos na manutenção da homeostasia orgânica.

- a. características dos diversos tipos de contrações musculares e suas relações com estímulos geradores de:
- b. contrações isotônicas, isométricas e tetânicas da musculatura esquelética.
- c. contrações espontâneas e contrações rítmicas da musculatura lisa e cardíaca.



- d. contrações reflexas das musculatura esquelética, lisa e da cardíaca.
- d. relaxamento receptivo da musculatura cardíaca e lisa.
- e. arrasto e plasticidade da musculatura lisa.

“Organizadores prévios”

- Idéias gerais das características morfofuncionais das musculaturas esquelética, lisa e cardíaca.

Aula prática:

- Análise das características morfofuncionais das musculatura lisa, esquelética e cardíaca.

Sessão de discussão em grupo/avaliação

Objetivos: O aluno deverá ser capaz de:

01. Compreender a importância da organização geral do sistema muscular liso, cardíaco e esquelético nos mecanismos específicos de funcionamento e controle de órgãos e sistemas.
02. Compreender a importância dos mecanismos miogênicos na manutenção da homeostasia orgânica através de relações entre as características estruturais específicas, a organização histo-



lógica e anatômica dos diversos tipos de músculos do corpo humano e suas formas gerais de funcionamento.

03. Relacionar as características funcionais das contrações musculares (lisa, cardíaca e esquelética) explicitadas durante interações com diversos estímulos físico-químicos do ambiente interno, com como função da interação dos agentes físico-as características estruturais desses diversos tipos de musculaturas.

04. Explicar os mecanismos miogênicos químicos e propriedades estruturais dos diversos tipos de musculatura.

Unidade V.

(58 horas/aula)

-Mecanismos de ação, específicos dos sistemas orgânicos, essenciais na manutenção da homeostasia orgânica.

a. mecanismos de ação hormonal relacionado com o controle metabólico.

b. mecanismos de ação do Sistema Digestivo relacionados com o controle das seguintes funções:

b₁. nutrição (ingestão, condução, digestão e absorção).

c. mecanismos de ação cardiovascular nas seguintes condições:

c₁. circulação sanguínea e trocas de nutrientes em nível capilar, tecidual e pulmonar.

c₂. manutenção de fluxo sanguíneo, pressão arterial e débito cardíaco, em determinados

limites, de acordo com a variação metabólica tecidual.

d. mecanismos de ação respiratória relacionados às seguintes condições:

d₁. trocas gasosas de acordo com o metabolismo tecidual.

d₂. equilíbrio ácido-básico plasmático.

Aula prática:

-Controle nervoso e humoral dos movimentos respiratórios e da pressão arterial.

a. mecanismos de ação renal relacionados com a depuração plasmática e o controle das seguintes condições orgânicas:

a₁. osmolaridade plasmática.

a₂. volemia.

a₃. pressão arterial.

a₄. equilíbrio ácido-base dos líquidos corporais.

“Organizadores prévios”

- Conceitos relacionados com a morfologia e função do sistema hormonal.

- Conceitos das propriedades químicas dos hormônios.

- Conceitos relacionados com a morfologia e função dos sistemas digestivo, cardiovascular, renal e respiratório.



- Noções básicas do metabolismo das proteínas, lipídeos e carboidratos.
- Conceito dos sistemas “tampão” sanguíneo e renal.
- Conceitos relacionados com os mecanismos gerais de funcionamento e controle orgânicos (neurogênicos, miogênicos e humorais).

Sessão de discussão em grupo/avaliação

Objetivos: O aluno deverá ser capaz de:

01. Descrever e explicar os mecanismos de ação hormonal e relacioná-los às funções metabólicas teciduais gerais.
02. Explicar os mecanismos de controle da produção hormonal.
03. Descrever e explicar os mecanismos de ação do aparelho digestivo relacionados com o controle da condução, digestão e absorção de nutrientes orgânicos e inorgânicos.
04. Descrever e explicar os mecanismos de ação do aparelho vascular na circulação sanguínea e trocas de nutrientes em nível capilar.
05. Explicar os mecanismos de controle e manutenção da pressão arterial, débito cardíaco e fluxo sanguíneo tecidual.
06. Descrever e explicar os mecanismos de ação do aparelho digestivo nas trocas gasosas em função dos gradientes de pressão de CO_2 e O_2 e do pH plasmático.
07. Explicar o mecanismo de controle do pH plasmático em função das variações na frequência respiratória.
08. Descrever e explicar os mecanismos de ação renal na depuração plasmática, no controle da osmolaridade plasmática, na

volemia, no controle da pressão arterial e do equilíbrio ácido-básico dos líquidos corporais.

Adicionalmente, o teste de Kruskal-Wallis é utilizado para avaliar a significância de diferenças entre grupos em variáveis categóricas.

Por fim, o teste de Friedman é aplicado para analisar a significância de diferenças entre grupos em variáveis categóricas em designs de medidas repetidas.

Os resultados das análises estatísticas foram apresentados em tabelas e gráficos, facilitando a interpretação dos dados. A análise estatística revelou que houve diferenças significativas entre os grupos em relação às variáveis estudadas.

Em conclusão, o estudo demonstrou que a intervenção proposta teve efeitos significativos sobre as variáveis analisadas. Os resultados obtidos podem ser utilizados para embasar decisões clínicas e de saúde pública.

Para futuras pesquisas, sugere-se a realização de estudos longitudinais para avaliar a sustentabilidade dos efeitos da intervenção ao longo do tempo.

Por fim, destaca-se a importância da colaboração entre profissionais de diferentes áreas para a realização de pesquisas científicas de qualidade.

E. Análise estatística dos resultados obtidos nas questões de múltipla escolha, nos pré e pós testes.

- Porcentagens médias de acertos nas questões de múltipla escolha, respondidas pelos estudantes (pré e pós-testes).
- Análise das VARIÂNCIAS INTERNAS entre duas ou mais mensurações de uma mesma amostra.
- Análise das *variâncias internas por postos*. Teste “H de Kruskal - Wallis”, aplicado para a quantificação das possíveis diferenças médias entre mensurações de uma mesma amostra *com variâncias internas estatisticamente diferentes*.
- Teste DHS de TUCKEY para a identificação dos locais onde se situam as diferenças internas entre mensurações médias de uma mesma amostra previamente testada e que revela *diferenças internas*.
- Teste ANOVA para a quantificação das possíveis diferenças médias entre mensurações de uma amostra com *variâncias internas estatisticamente iguais*.
- Teste entre duas médias, DADOS EMPARELHADOS, aplicado para análise das possíveis diferenças entre mensurações temporalmente distintas de uma mesma amostra.



• **Porcentagens médias de acertos nas questões de múltipla escolha, agrupadas por sujeitos em Blocos (A, B e C) no pré e pós-testes.**

	BLOCO (A)		BLOCO (B)		BLOCO (C)	
SUJEITOS	PRÉ	PÓS	PRÉ	PÓS	PRÉ	PÓS
1.	0,430	0,710	0,375	0,750	0,368	0,632
2.	0,710	0,710	0,500	0,875	0,210	0,579
3.	0,570	0,570	0,375	0,625	0,263	0,526
4.	0,710	0,860	0,500	0,750	0,210	0,789
5.	0,290	0,710	0,500	0,750	0,421	0,579
6.	0,710	0,710	0,250	0,750	0,368	0,421
7.	0,570	0,710	0,625	0,750	0,368	0,684
8.	0,570	0,710	0,375	0,625	0,263	0,789
9.	0,710	0,710	0,125	0,750	0,263	0,684
10.	0,430	0,570	0,500	0,500	0,263	0,632
11.	0,570	0,860	0,500	0,875	0,210	0,734
12.	0,570	0,570	0,125	0,625	0,263	1,000
13.	0,140	0,570	0,375	0,625	0,316	0,632
14.	0,570	1,000	0,375	0,750	0,210	0,632
15.	0,570	1,000	0,125	0,500	0,105	0,474
16.	0,290	0,860	0,000	0,625	0,105	0,368
17.	0,570	0,860	0,125	0,625	0,421	0,316
18.	0,000	0,570	0,125	0,750	0,263	0,526
19.	0,430	0,860	0,125	0,625	0,158	0,632
20.	0,290	0,710	0,125	0,625	0,316	0,474
21.	0,140	0,430	0,375	0,500	0,263	0,684
22.	0,290	0,570	0,375	0,625	0,158	0,474

Total da amostra testada = 22 alunos

• Análise das VARIÂNCIAS INTERNAS

Comparação das variâncias internas entre as porcentagens médias de acerto nos blocos de questões (A), (B) e (C), antes e após a implementação da proposta metodológica de ensino.

Teste usado para testar $H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \sigma_3^2 = \sigma^2$;

$H_1: \exists \sigma_i^2 \neq \sigma^2, i = 1, 2, 3$

$$M = n \cdot \ln s_a^2 - \sum_{i=1}^k n_i \ln s_i^2$$

$$n = \sum_{i=1}^k n_i$$

$$s_a^2 = \frac{\sum_{i=1}^k n_i s_i^2}{n}$$

$$c = 1 + \frac{1}{3(k-1)} \left\{ \sum \left(\frac{1}{n_i} \right) - \frac{1}{n} \right\}$$

$$\boxed{\frac{M}{C} \sim \chi_{k-1, \alpha}^2}$$

s = desvio padrão da amostra, s^2 = variância da amostra

σ = desvio padrão da população, σ^2 = variância da população

• Antes da implementação da proposta metodológica de ensino

$$\bar{X}_A = 0,44$$

$$s_A^2 = 0,0459$$

$$\bar{X}_B = 0,31$$

$$s_B^2 = 0,0338$$

$$\bar{X}_C = 0,26$$

$$s_C^2 = 0,0082$$

Cálculo

$$s_a^2 = 0,0293$$

$$\sum n_i \cdot \ln \cdot s_i^2 = -247,989$$

$$M = 15,998$$

$$C = 1,02$$

$\frac{M}{C} = 14,715$	$, x_{2, 0.01}^2 = 9,210$
------------------------	---------------------------

Rejeita – se H_0

- Após a implementação da proposta metodológica de ensino

$$\bar{X}_A = 0,70$$

$$s_A^2 = 0,0195$$

$$\bar{X}_B = 0,67$$

$$s_B^2 = 0,0127$$

$$\bar{X}_C = 0,60$$

$$s_C^2 = 0,0239$$

Cálculo

$$s_a^2 = 0,187$$

$$\sum n_i \cdot \ln \cdot s_i = -264,82$$

$$M = 2,193$$

$$C = 1,02$$

$$\frac{M}{C} = 2,15 \quad ; \quad \chi^2_{2,0.01} = 9,21$$

Accepta-se H_0

• **Análise das variâncias por postos: “H DE KRUSKAL-WALLIS ”**

$$H = \frac{12}{N(N+1)} \sum \left[\frac{(\sum R_i)^2}{n_i} \right] - 3(N+1)$$

onde: N = número total de dados
 n_i = número de respondentes (dados) por amostra
 $\sum R_i$ = soma dos postos na amostra i ; para testar:

$$H_0 : \mu_1, \mu_2, \dots, \mu_k = \mu$$

$$H_1 : \exists! u_i \neq u \quad i = 1, \dots, k$$

• Antes da implementação da proposta metodológica de ensino

$$N = 66$$

$$n_i = 22 \quad ; \quad i = 1, 2, 3$$

$$R_1 = 971 \quad ; \quad R_2 = 685 \quad ; \quad R_3 = 555$$

$$H = 11.17$$

Compara-se H com $x_{k-1, 0.05}^2 = x_{3-1, 0.05}^2 = 5,991$

Sendo $H > x_{2, 0.05}^2$, rejeita-se H_0 a $\alpha = 0,05$

• Teste “DHS DE TUCKEY”

$$DHS = q_{\alpha} \cdot \sqrt{\frac{QM_{Res}}{n}}$$

Comparando-se a diferença entre duas médias, se a diferença entre essas médias for maior ou igual DHS, pode-se dizer que a diferença entre essas duas médias é estatisticamente significativa, caso contrário, não.

• Antes da implementação da proposta metodológica de ensino

$$\overline{X}_A = 0,44$$

$$s_A^2 = 0,0459$$

$$\overline{X}_B = 0,31$$

$$s_B^2 = 0,0338$$

$$\overline{X}_C = 0,26$$

$$s_C^2 = 0,0082$$

$$SQ_{Res} = 1,8462$$

$$SQ_{Res} = 0,0293$$

$$Gl_{Res} = 63$$

$$\sqrt{\frac{QM}{n}} = 0,0365$$

$$q_\alpha = q_\alpha(3, Gl_{Res}) \Rightarrow \alpha = 0.05 \Rightarrow q_\alpha \cong 3,40$$

↑

$$\text{n}^\circ \text{ de médias} \quad \alpha = 0.01 \Rightarrow q_\alpha \cong 4,28$$

$$\text{Para } \alpha = 0.05$$

$DHS = 0,124$

TABELA DE DIFERENÇA ENTRE MÉDIAS

	$\overline{X}_C = 0,26$	$\overline{X}_B = 0,31$	$\overline{X}_A = 0,44$
X_C	_____	0.05	0,18 *
$\overline{X}_B$	_____	_____	0,13 *
$\overline{X}_A$	_____	_____	_____

Comparando-se a tabela de diferença entre médias com DHS observa-se que ao nível de significância de 0.05, pode-se considerar:

média (A) $\neq$ média (B)

média (A) $\neq$ média (C)

média (B) $=$ média (C)

• Teste “ANOVA”

Suposição : K tratamentos

$i = 1, 2, \dots, k$

$N_i = n^\circ$ de observações sob tratamento i

$\sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \sigma_k^2 = \sigma^2$

Deseja – se testar : $H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_k = \mu$

$H_1 : \exists! \mu_i \neq \mu, i = 1, \dots, k$

Fonte	Gl	SQ	QM	F
TRAT	$k - 1$	SQ_{TRAT}	SQ_{TRAT}/Gl_{TRAT}	QM_{TRAT}/QM_{RES}
RES	$n - k$	SQ_{RES}	SQ_{RES}/Gl_{RES}	
TOTAL	$n - 1$	SQ_{TOT}		

onde : $n = \sum_{i=1}^k n_i$

$$SQ_{TOTAL} = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} (X_{ij} - \bar{X}_{..})^2$$

$$SQ_{RES} = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} (X_{ij} - \bar{X}_{.i})^2$$

$$SQ_{Trat} = \sum_{i=1}^k n_i (\bar{X}_{.i} - \bar{X}_{..})^2$$

$\bar{x}_i$ = média do i-ésimo tratamento, $i = 1, \dots, k$

$\bar{\bar{x}}$ = média geral

x_{ij} = j-ésima observação do i-ésimo tratamento,
 $i = 1, \dots, k$ $j = 1, \dots, n_i$

SQ_{TOTAL}	$=$	SQ_{RES}	$+$	SQ_{TRAT}
$G1_{TOTAL}$	$=$	$G1_{RES}$	$+$	$G1_{TRAT}$

Suposição já verificada : $\sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \sigma_3^2$

Teste : $H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu$

$H_1 : \exists! \mu_i \neq \mu \quad i = 1, 2, 3$

Fonte	G1	SQ	QM	F
TRAT	2	0,1088	0,00173	0,029
RES	63	1,1781	0,58905	
TOTAL	65	1,2869		

$F_{2,63,0.05} \cong 3,15$

NÃO rejeita - se H_0 a $\alpha = 0.05$

• **Teste entre duas médias- “DADOS EMPARELHADOS”**

$$H_0 = \mu_A = \mu_D$$

$$H_1 = \mu_A \neq \mu_D$$

calcular : $\bar{X}_A$, $\bar{X}_D$, s , σ_x ; onde

$$\bar{X}_A = \frac{\sum x_{iA}}{N} \quad \bar{X}_D = \frac{\sum x_{iD}}{N}$$

$$S = \sqrt{\frac{(X_{iA} - X_{iD})^2}{N} - \frac{(\bar{X}_A - \bar{X}_D)^2}{N}}$$

$$\sigma_x = \frac{S}{\sqrt{N - 1}}$$

Temos então :
$$t = \frac{\bar{X}_A - \bar{X}_D}{\sigma_x} \sim t_{N-1,2}$$

• **Análise das mensurações correspondentes aos blocos de questões (A)**

$$H_0 : \mu_A = \mu_0$$

$$\bar{X}_A = 0,44$$

$$\bar{X}_D = 0,70$$

$$S = 0,184$$

$$\sigma_x = 0,04$$

$$t_x = 6,5 ; \quad t_{21,0.05} = 2,08$$

Rejeita-se H_0 a $\alpha = 0.05$

• **Análise das mensurações correspondentes aos blocos de questões (B)**

$$H_0 : \mu_A = \mu_0$$

$$\bar{X}_A = 0,31 \quad ; \quad \bar{X}_D = 0,67$$

$$S = 0,249$$

$$\sigma_x = 0,054$$

$$t = 6,67 \quad ; \quad t_{21,0.05} = 2,08$$

Rejeita - se H_0 a $\alpha = 0.05$

• **Análise das mensurações correspondentes as questões dos blocos (C)**

$$H_0 : \mu_A = \mu_D$$

$$\bar{X}_A = 0,026 \quad ; \quad \bar{X}_D = 0,60$$

$$S = 0,177$$

$$\sigma_x = 0,039$$

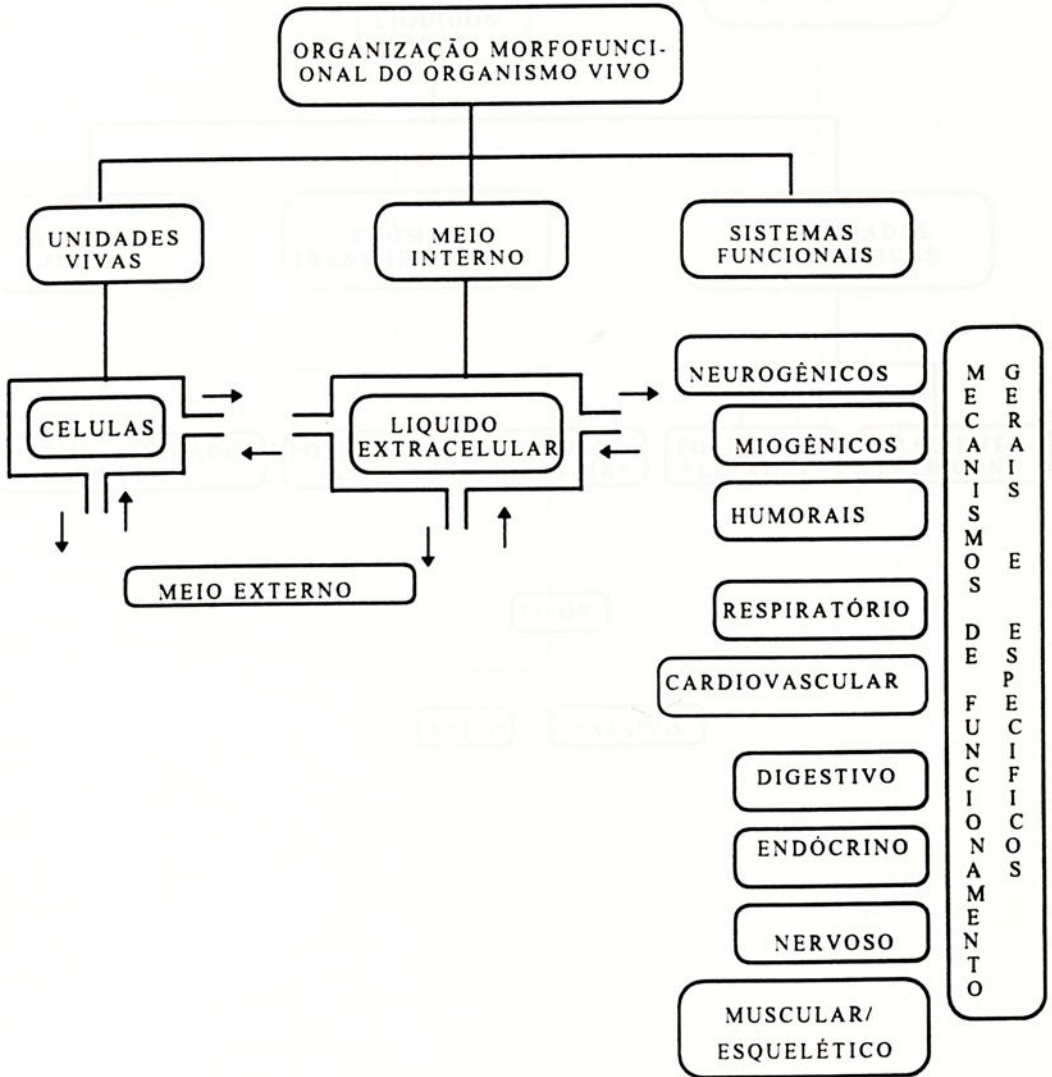
$$t = 8,72 \quad ; \quad t_{21,0.05} = 2,08$$

Rejeita - se H_0 a $\alpha = 0.05$

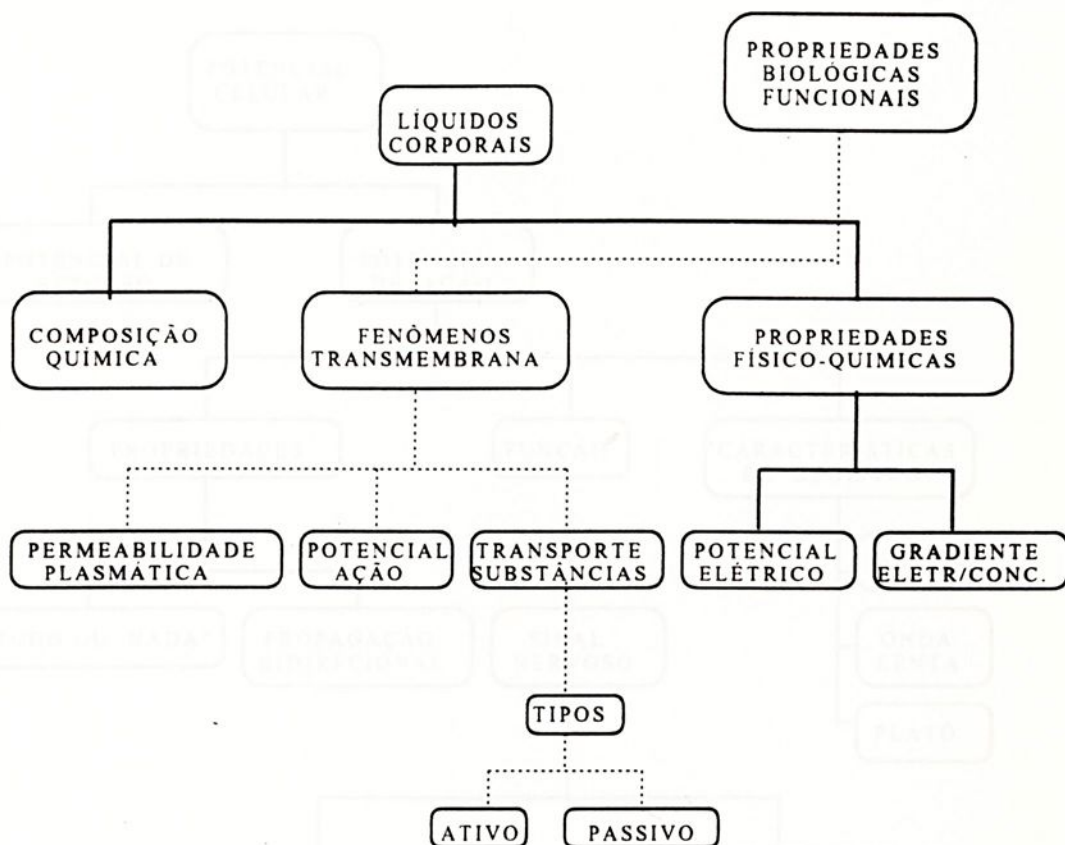
F. Mapas conceituais das unidades de ensino**MAPA 1**

1. Organização morfofuncional do organismo vivo
2. Líquidos corporais e propriedades funcionais
3. Potencial celular
4. Mecanismos gerais e específicos de funcionamento e controle orgânicos
5. Mecanismos neurigênicos
6. Mecanismos miogênicos
7. Mecanismos de ação dos sistemas orgânicos envolvidos na homeostasia

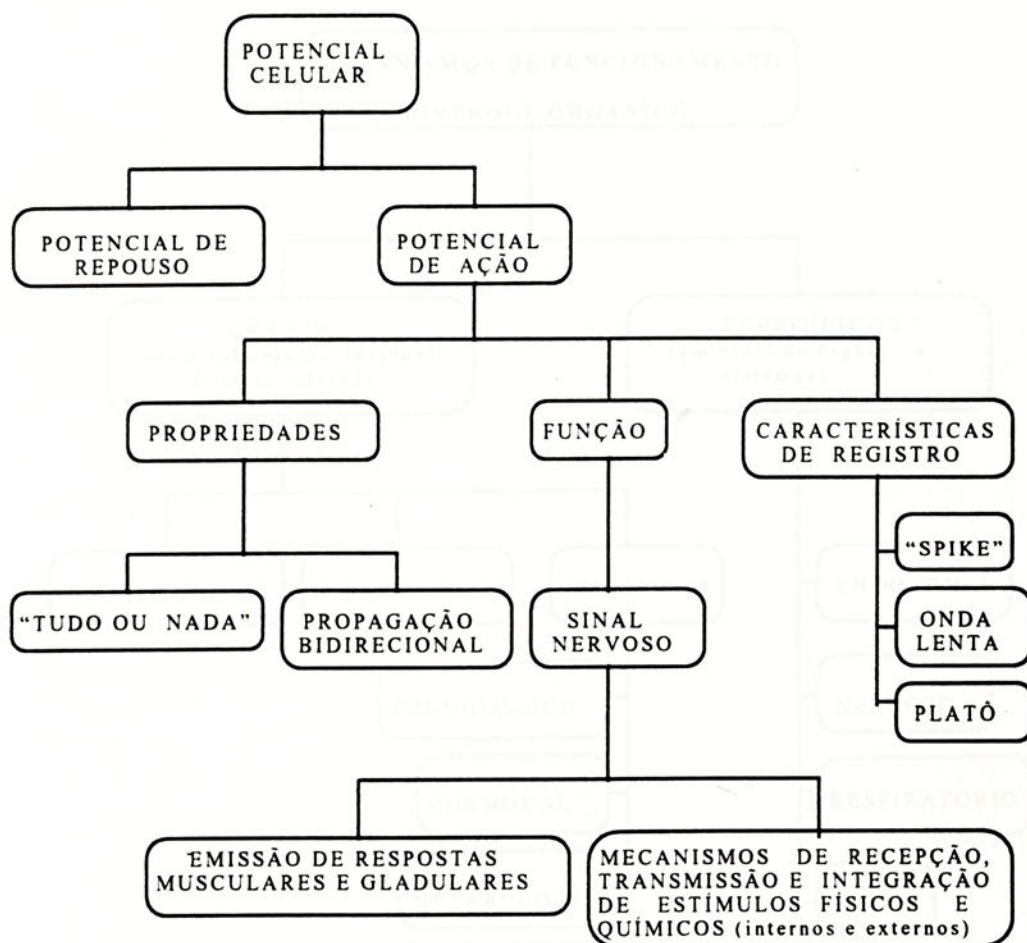
MAPA 1



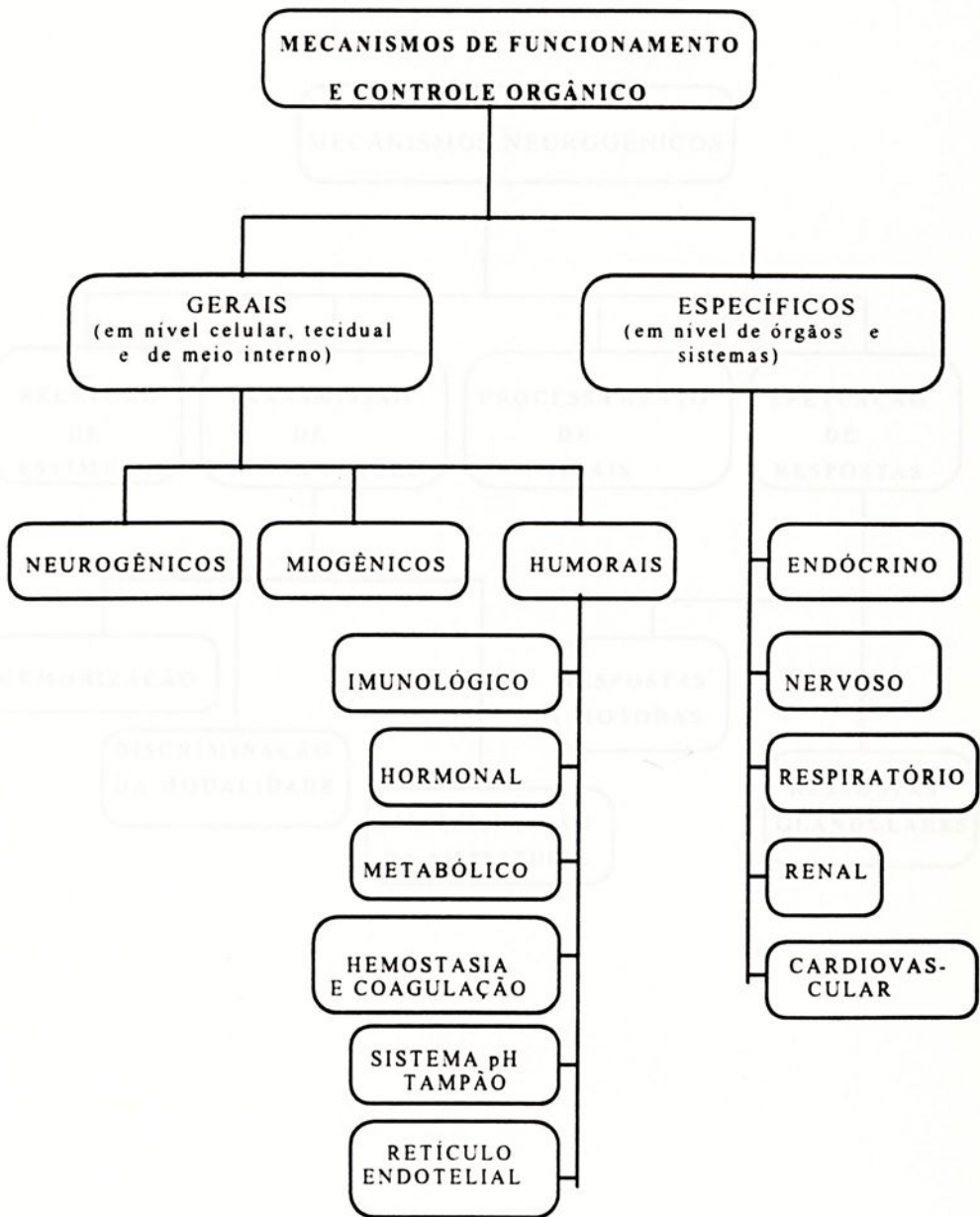
MAPA 2



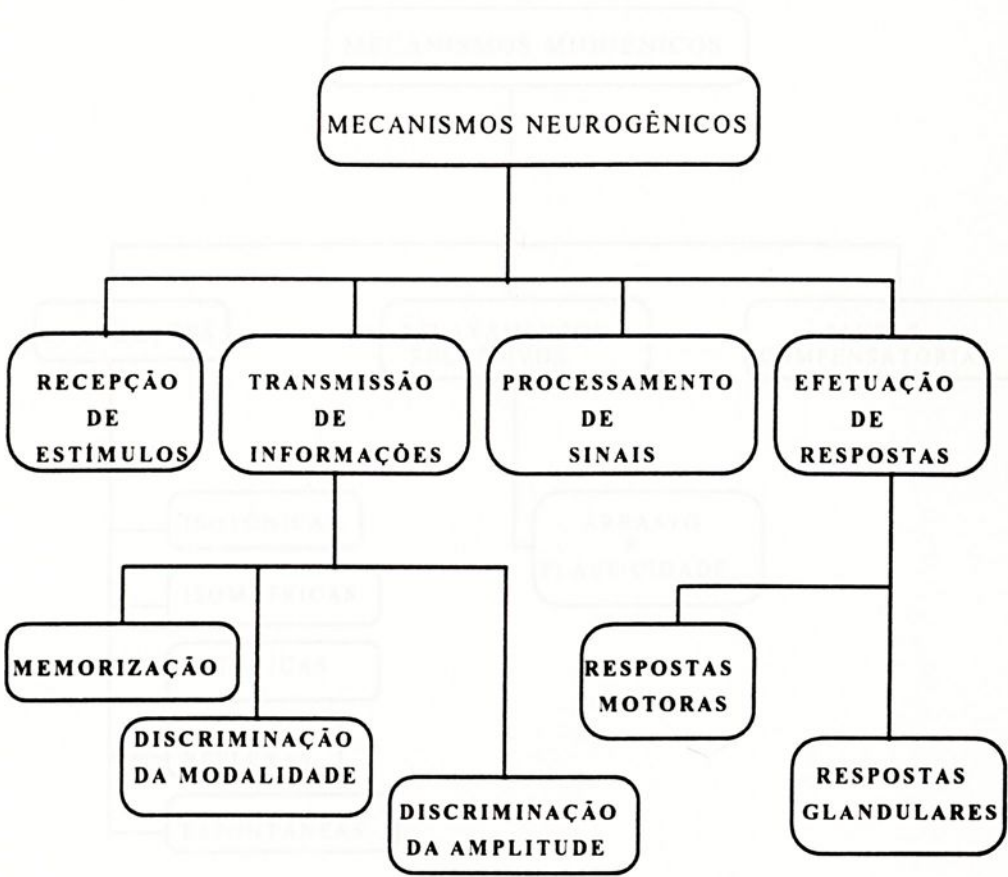
MAPA 3



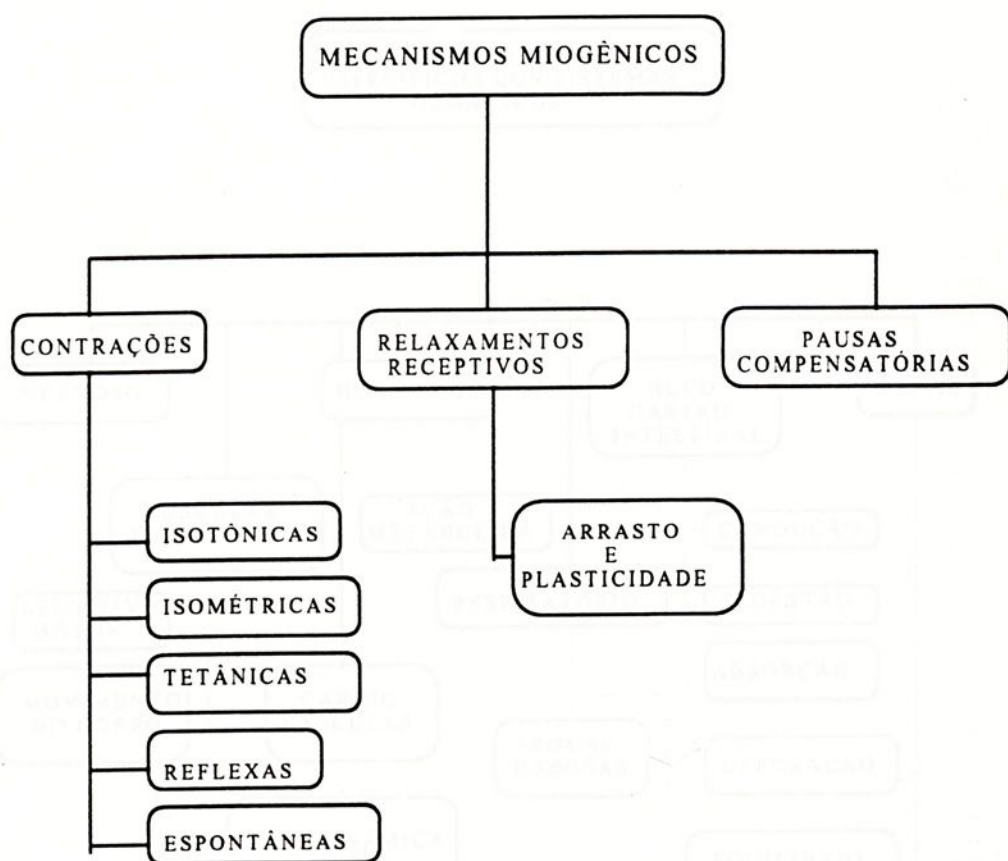
MAPA 4



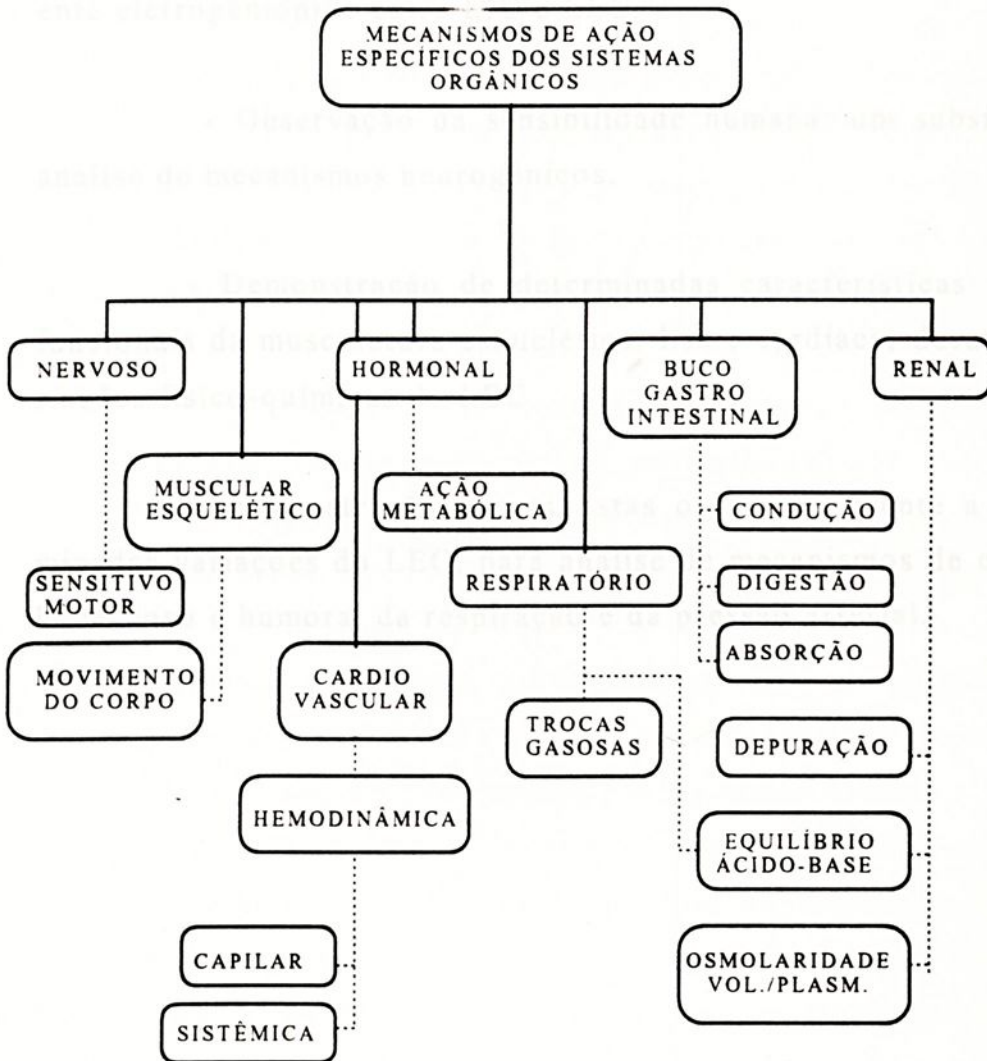
MAPA 5



MAPA 6



MAPA 7



G. Roteiros de aulas práticas

- Observação de eritrócitos durante a variação do gradiente eletrotoniônico entre LIC e LEC.
- Observação da sensibilidade humana: um subsídio na análise de mecanismos neurogênicos.
- Demonstração de determinadas características morfo-funcionais da musculatura esquelética, lisa e cardíaca, durante variações físico-químicas do LEC.
- Demonstração de respostas orgânicas, frente a determinadas variações do LEC, para análise de mecanismos de controle nervoso e humoral da respiração e da pressão arterial.

01. Observação de eritrócitos durante a variação do gradiente eletrogeniônico entre LEC e LIC

a. Introdução

Supõe-se que as primeiras células se originaram nos oceanos primitivos e que conservaram no seu interior a mesma concentração de sais dos locais de origem. No decorrer do tempo, a concentração de sais nos mares foi elevando-se até atingir a concentração de 35%, mais de três vezes que dos líquidos orgânicos.

Alguns íons e moléculas químicas atravessam as membranas celulares com facilidade, porém outras não. Por isso as membranas plasmáticas são ditas semipermeáveis. Essa particularidade dá à membrana características osmóticas, pois, quando disposta entre duas soluções iônicas ou moleculares, de concentrações diferentes, observa-se a passagem de solvente no sentido da solução menos concentrada para a de maior concentração. Essa passagem do solvente é responsável pela pressão osmótica.

O fenômeno da pressão osmótica é explicado pelo comportamento das partículas dissolvidas na substância que, no lado de maior concentração, ocupam lugares em frente aos poros da membrana. Dessa forma competem com as moléculas na zona adjacente à membrana. Conseqüentemente, a atividade das moléculas de água, no lado de menor concentração, é maior. O choque de uma quantidade maior dessas moléculas contra os poros da membrana semipermeável, permite a passagem de água em maior quantidade para o meio de maior concentração que no sentido inverso. O resultado é expresso pela soma algébrica das quantidades que se



transportam, ou seja, maior quantidade de solvente flui para o lado mais concentrado.

A diferença de concentração dos meios seria um problema para os peixes se estes não tivessem um mecanismo de controle. Estes animais regulam o meio interno excretando (peixes marinhos) e absorvendo sal (peixes de água doce) pelas guelras.

O homem, por sua vez, perde continuamente água para o ar atmosférico e a manutenção da pressão osmótica do fluido intersticial é dos mais importantes processos homeostáticos. Essa pressão osmótica é produzida por um total de 0,9% de sais dissolvidos no plasma.

Devemos ter em mente que a concentração osmótica depende unicamente do número de partículas dissolvidas, e não de sua natureza. Assim, uma solução de NaCl 160 mitemolar é osmoticamente equivalente aos 320 mitemois do plasma, pois o cloreto de sódio, em solução, dissocia-se em íons Na e Cl, o que dobra o número das partículas osmoticamente ativas.

b. Objetivos da experiência:

- Demonstrar o efeito da variação da pressão osmótica nos eritrócitos.
- demonstrar a importância osmolaridade adequada nos líquidos orgânicos.

c. Material: Microscópio, lâminas, lamínulas, pipetas, tubos de ensaio, centrífuga, tubos para centrífuga.

d. Soluções: solução de NaCl 2%, 0,9% e 0,4%, solução de glicose a 5%, solução anticoagulante.

e. Solvente: água destilada.

f. Animal: Homo sapiens.



g. Preparação do material:

Utiliza-se um volume de 10 ml de sangue previamente analisado e preparado com anticoagulante por laboratório especializado.

Coloca-se uma gota de solução salina, nas concentrações indicadas, sobre uma lâmina. Adiciona-se uma gota de sangue e cobre-se com uma lamínula.

Observa-se, atentamente, a forma dos eritrócitos em meio isotônico e compara-os com eritrócitos colocados em meios hipo e hipertônicos.

h. Procedimentos

01. Observa-se, atentamente, a forma dos eritrócitos em solução 0,9% de NaCl, 0,4% e 2,0%.

02. Coloca-se 10 ml das soluções a 0,4%, 0,9%, e 2,0% e água destilada em 4 tubos de ensaio, acrescentando-se aproximadamente 3 ml de sangue em cada tubo.

03. Depois de 10 minutos, transfere-se parte do conteúdo dos tubos de ensaio para tubos rotulados da centrífuga. A centrifugação deve durar 10 minutos aproximadamente.

04. Examinam-se os conteúdos dos tubos, comparando-os entre si e com o conteúdo dos tubos não centrifugados.

05. Repete-se o item 01 com solução de glicose a 5%.

i. Roteiro de pergunta para análise dos resultados

01. Descreva os resultados obtidos em cada item do roteiro e explique-os.



02. Explique as diferenças de resultados em função das diferentes concentrações das soluções utilizadas nos experimentos.

02. Observação da sensibilidade humana: um subsídio para análise de mecanismos neurogênicos

a. Introdução

Algumas das modalidades sensitivas podem fornecer informações práticas sobre algumas características e limitações dos sistemas sensoriais como veículos para a recepção, transmissão e processamento de informações ambientais.

O sistema nervoso central toma conhecimento de tudo que se passa interna e externamente no organismo por intermédio de seus órgãos sensoriais. Existem diversas modalidades de receptores sensoriais, cada qual reagindo a um determinado estímulo, definindo-se este como uma fonte energética capaz, ou potencialmente capaz de induzir uma resposta no tecido vivo.

Clinicamente, as sensações são divididas em especiais (visuais, auditivas, gustativas e vestibulares), cutâneas (táteis, térmicas e dolorosas), profundas (proprioceptivas e viscerais).

b. Objetivos da experiência

- Demonstrar, na prática, a discriminação espacial e temporal de estímulos ambientais, bem como a de suas modalidade e de variações de intensidades, permitindo assim estabelecerem-se relações



entre as características morfofuncionais do organismo humano e as sensações.

c. Material: Pincel de algodão, alfinete entomológico ou comum (costura), diapasão, compasso de Weber, termômetro para banho e água a 20,25, 33 e a 40 graus Celsius.

d. Animal: Homem

e. Preparação do experimento

O “sujeito experimental” deve ficar sem camisa, com os olhos vendados e, após cada manobra, deve fornecer o maior número de informações (localização, temperatura, formato do objeto, etc).

f. Procedimentos de acordo com a modalidade da sensação, intensidade e localização.

f.1 Mecanorrecepção

f.1.1 *sensibilidade Tátil*: Pesquisa-se por meio de um pincel de algodão, passando-o em diferentes partes do corpo.

f.1.2 *sensibilidade tátil e de pressão*: a discriminação entre objetos pontiagudos e rombos pode ser conseguida aplicando-se alternadamente a ponta e a cabeça de um alfinete sobre a pele.

f.1.3 *sensibilidade vibratória*: pesquisa-se por meio de um diapasão tocando-o sobre saliências ósseas (cotovelo ou tíbia).

f.1.4 *grafiestesias* (tato + pressão): este tipo de sensação pode ser obtida escrevendo com o objeto rombo (cabeça de alfinete, ponta do dedo) alguns algarismos ou letras sobre a pele, começando com algarismos grandes e diminuindo, progressivamente, o tamanho dos mesmos.

f.1.5 *topicoestesia* (tato + pressão): a discriminação espacial de pontos pode ser pesquisada, aplicando-se o compasso de Weber em vários pontos, na região das costas e, em seguida, estimulando pontos simétricos de cada lado da coluna vertebral.

f.1.5 *barestesia* (pressão): a discriminação de intensidade de pressão pode ser conseguida aplicando-se, simultaneamente, os estímulos de pressão em cada uma das mãos obtendo-se assim, informações sobre os graus de intensidade da sensação de pressão.

f.1.6 *adaptação dos mecanorreceptores*: a ausência de sensação, mesmo mantendo-se o estímulo, pode ser conseguida deslocando um pelo do antebraço com um bastão, mantendo-o nesta posição por alguns segundos.

f.2 Propriocepção

f.2.1 *pesquisa da sensibilidade postural*: consiste na possibilidade de se dar conta da posição dos membros bem como da posição relativa dos diversos segmentos dos mesmos.

A sensibilidade postural pode ser obtida colocando-se um dos membros numa determinada posição e imitando-a com o membro correspondente do lado oposto. A discriminação da posição exata de um membro (dedo) pode ser conseguida ao tentar-se encontrar com o dedo oposto a sua posição no espaço, após alguém tê-lo tocado.

f.2.2 *cinestesia*: a pesquisa da sensibilidade ao movimento pode ser feita, modificando-se a posição de uma articulação, fletindo ou



estendendo o antebraço na articulação do cotovelo percebendo-se, assim, a direção do movimento em função da velocidade do movimento.

f.3 Termorrecepção

f.3.1 sensações térmicas estáticas (temperatura constante)

f.3.2 sensibilidade para o calor: mergulha-se a mão em água a 40 graus.

f.3.3 *sensibilidade para o frio*: mergulha-se a mão em água a 20 graus.

f.3.4 *pesquisa da zona de temperatura indiferente*: mergulha-se uma das mãos em água a 33 graus. Descreve-se a sensação no início e depois de algum tempo.

f.3.5 *Sensações térmicas dinâmicas*: as sensações térmicas que ocorrem durante as modificações de temperatura da pele dependem essencialmente de três parâmetros:

- da temperatura anterior da pele.
- da velocidade com a qual se altera a temperatura.
- da superfície cutânea sobre a qual incide o estímulo térmico.

Prova de Weber: mergulha-se uma das mãos em água a 40 graus e simultaneamente, a outra em água a 5 graus. Após um minuto retiram-se as mãos e mergulham-nas em água a 25 graus.

f. 3.6 *Tipos essenciais de sensações térmicas*:



f.3.6.1 sensação de frio *a posteriori*: esse tipo de sensação é obtida ao aplicar-se um bastão metálico, frio, contra a pele da frente, durante 30 segundos, retirando-o em seguida. Mesmo após a retirada do bastão, ter-se-á a nítida sensação de frio, apesar de a pele voltar a aquecer. Provavelmente, os receptores para o frio, continuam a emitir descargas, mesmo quando aquecidos.

f.3.6.2 sensação *paradoxal* de frio: estímulos intensos (água de banho muito quente, por exemplo, podem desencadear sensações paradoxais de frio. Provavelmente isto ocorre devido ao fato de que os receptores para frio normalmente “mudos”, acima de 40 graus voltam a emissão transitória de descargas quando aquecidas rapidamente acima de 45 graus.

f.4 Organização do ambiente tátil

As noções relativas ao espaço baseiam-se principalmente nas percepções visuais. Entretanto, numerosos aspectos do ambiente são melhor apreciados pela apalpação, isto é, por intermédio da mão que se move ativamente. Para identificar a qualidade de um objeto (forma, textura, peso, etc.) é necessário a colaboração de propriocepção, a mecanorrecepção e a termorrecepção.

g. Roteiro de perguntas para análise dos resultados

g.1 Justifique, citando as características morfofuncionais do Sistema Nervoso envolvidas, a capacidade de o organismo proporcionar diferentes tipos de sensações (grafiestesia, topicoestesia, barestesia, cinestesia, termoestesia).



g.2 Cite vantagens para a adaptação do organismo humano às variações ambientais, da presença de receptores livres e especializados na superfície corporal.

g.3 Justifique, citando características morfofuncionais do Sistema Nervoso, a presença da sensibilidade postural.

g.4 Quais características estruturais do Sistema Nervoso podem explicar as capacidades funcionais denominadas topicoestesia e cinestesia?

g.5 Explique o fenômeno da *adaptação* que ocorre em nível de receptores sensoriais e cite as vantagens desse mecanismo neurogênico para a adaptação do organismo vivo às variações do meio externo.

03. Demonstração de determinadas características morfofuncionais das musculaturas esqueléticas, lisa e cardíacas durante variações físico-químicas do LEC

a. Introdução

O tecido muscular caracteriza-se pela presença de várias estruturas com características físico-químicas especiais, entre elas, as proteínas contráteis, arranjadas de maneira diferente nos diversos tipos de fibras musculares. Em determinadas condições, tais proteínas se combinam e formam o complexo actomiosínico e promovem o encurtamento da fibra.

As diferenças funcionais entre os diversos tipos de musculatura como velocidade de contração, plasticidade, isotonia, etc., se explicam em função de diferenças estruturais como, por exemplo, a presença de retículo sarcoplasmático mais ou menos



desenvolvido em cada um desses tipos de células musculares, diferenças de permeabilidade das membranas celulares frente a determinados estímulos físicos e químicos.

A fibra muscular esquelética apresenta as unidades contráteis, os sarcômeros, tão bem organizados que, ao microscópio ótico comum, conferem o aspecto estriado à fibra que, por este motivo é denominada estriada.

A estimulação da fibra ou do músculo estriado é realizada à custa de neurotransmissor liberado pelas terminações dos nervos motores (placa neural) que varia a permeabilidade da membrana plasmática desencadeando o Potencial de Ação e a contração muscular.

A repetição de estímulos que causam contrações musculares sucessivas ou prolongadas, conhecidas por "tétano muscular", pode ser realizada através de descargas elétricas sucessivas, diretamente no músculo ou no nervo correspondente.

Toda contração muscular duradoura, sejam aquelas que mantêm o corpo na posição ereta, sejam as que mantêm a mandíbula em sua posição de repouso, é devida a um tétano muscular.

O tônus muscular pode ser definido como um tétano parcial, provocado por descargas assíncronicas de impulsos nos neurônios que enervam o músculo.

Os músculos esqueléticos possuem um controle nervoso que envolve estímulos proprioceptivos, detectados por receptores intra e extra musculares, e estímulos neuronais, originados no centro nervoso (medula, tronco cerebral e ou córtex).

A musculatura lisa, encontrada principalmente constituindo a parede dos vasos e dos órgãos, tem sua importância funcional relacionada a determinadas funções específicas dos órgãos e sistemas.



A denominação “lisa” é devido à falta de estriações transversais, quando observada ao microscópio ótico comum.

Esse tipo de musculatura apresenta características estruturais específicas como, por exemplo, um retículo sarcoplasmático pouco desenvolvido, maior permeabilidade da membrana plasmática a determinados íons, quando comparada com a musculatura esquelética e a presença de miofibrilas, de maneira desorganizada ou seja ausência de sarcômeros.

Algumas dessas características funcionais como arrasto e plasticidade, contrações espontâneas, em massa e etc., podem ser facilmente observadas.

A musculatura cardíaca, embora se apresente histologicamente mais parecida com a musculatura esquelética, pela presença de estrias transversais, funcionalmente se assemelha à musculatura lisa devido as contrações espontâneas e em massa.

A musculatura cardíaca apresenta várias características especiais. Uma das mais importantes é o seu comportamento semelhante a de um sincício. Assim, quando uma fibra de contrai, todas as outras também se contraem, praticamente de maneira simultânea. As fibras do miocárdio comportam-se como um axônio e apresentam a propriedade funcional, conhecida pelo nome de “Lei do tudo ou nada”.

Outras características especiais da musculatura cardíaca são a ritmicidade e a automacidade. Essas propriedades podem ser observadas, mesmo quando se isola a musculatura do organismo. Fora do organismo, ausente da influência de nervos, cortada em pequenos pedaços, ainda assim se mantém contraindo automaticamente e ritmicamente.

O músculo cardíaco tem comportamento específico frente a agentes físico-químicos do meio interno como a variação eletrogeniônica, provocada por variações metabólicas.



No coração, pode-se identificar, histologicamente, uma musculatura cardíaca, especializada em condução de estímulos e uma musculatura cardíaca responsável pela contração em massa. As fibras responsáveis pela contração em massa constituem os átrios e os ventrículos. As fibras especializadas em condução concentram-se em locais especiais denominados nodos (nodo sino atrial, átrio ventricular e feixe de Hiss).

A análise das características morfofuncionais, presentes nos diversos tipos de musculaturas, pode facilitar o entendimento do funcionamento dos diversos tipos de órgãos e sistemas que constituem o organismo humano por serem esses tipos de células responsáveis pela movimentação dos tecidos e órgãos que o constituem.

b. Objetivos dos experimentos

- Demonstrar algumas características funcionais inerentes a cada tipo de musculatura (lisa, cardíaca e esquelética).
- Demonstrar diferenças funcionais básicas entre os vários tipos de musculatura frente a variações provocadas por agentes físico-químicos.
- Demonstrar algumas relações funcionais entre os diversos tipos de musculatura e as variações do meio interno (LEC).

Experimento 01 - *Musculatura esquelética*

a. material: Estilete para destruição dos centros nervosos do animal, mesa de cortiça para fixar o animal, quimógrafo, miógrafo, estimulador e eletródios, suporte para anfíbio, instrumental de



dissecação, sinal eletromagnético, fios de linha com ganchos, estiletes de vidro, régua.

b. solução: Solução de Ringer.

c. animal: sapo

d. preparação da aparelhagem e do animal:

d.1 Disseca-se o músculo gastroquinêmio do sapo em toda a sua extensão iniciando-se pelo isolamento do tendão de Aquiles.

d.2 Cortam-se o tendão e o fêmur, sem desarticular o joelho, mantendo-se, assim, a peça contendo o músculo gastroquinêmio, preso em uma das extremidades ao tendão e a outra, ao joelho.

d.3 Fixa-se uma das extremidades da peça (a que contém o tendão), com o gancho e linha no miógrafo e este ao quimógrafo (a outra extremidade da peça deve ficar fixada na prancha de cortiça por meio de alfinete).

d.4 Conecta-se um dos eletródios do estimulador no "joelho" da peça e o outro no local de estimulação pretendido (nervo ciático ou o próprio músculo gastroquinêmio).

d.5 A preparação deve ser mantida constantemente umedecida com a solução Ringer, lavando-se o músculo entre um procedimento e o sucessivo.

e. procedimentos

e.1 Determina-se o limiar do estímulo elétrico, capaz de provocar contrações musculares, aumentando-se gradativamente a voltagem do estimulador a partir da voltagem zero.

e.2 Registram-se as contrações musculares, obtidas durante a variação da voltagem do estimulador elétrico, entre as voltagens zero e a sublimiar, já obtida no procedimento anterior.



- e.3 Registram-se as contrações musculares obtidas durante a variação da voltagem do estimulador elétrico (crescente e acima do limiar de estímulo).
- e.4 Registram-se as contrações musculares obtidas durante a variação da frequência crescente de estímulos elétricos de baixa voltagem.
- e.5 Registram-se as contrações obtidas durante uma série de estimulações de baixa frequência, porém acima do limiar de excitação do músculo e de intensidade constante.
- e.6 Após provocar estiramento do músculo, aumentando-se a tensão da mola do miógrafo, estimula-se duas vezes o músculo para cada grau de tensão e registram-se as contrações.
- e.7 Registram-se as contrações musculares obtidas após estímulos sucessivos no nervo ciático, com voltagem supra limiar.
- e.8 Disseca-se o músculo gastroquinêmio da outra pata do animal e identifica-se o nervo ciático. Após isolá-lo até na altura da coluna vertebral, com auxílio de um bastão de vidro, secciona-se o nervo a 0,5 cm aproximadamente do músculo e estimula-se o mesmo com voltagens de intensidade e frequência crescentes até não se obter mais resposta do músculo.

f) roteiro de perguntas para análise dos resultados

- f.1 Explique o comportamento da musculatura esquelética, durante o estado de repouso, na ausência de estímulos físicos ou químicos.
- f.2 Explique a função da descarga elétrica no músculo e no nervo (itens 3 e 4 de "procedimentos").
- f.3 Explique as diferenças dos resultados encontrados nos registros correspondentes aos procedimentos dos itens 3 e 4.
- f.4 Explique o resultado obtido no item 6.



Experimento 02: Musculatura lisa

a. material: quimógrafo, alavanca inscritora, banho aquecido, termômetro, câmara para espécime, fios com ganchos, reservatório para solução, fonte de ar (oxigenador de aquário), pipetas e suporte para pipetas.

b. soluções: adrenalina (10mg/mg); acetil colina (10mg/mg), nora-drenalina (10mg/ml), soluções de CaCl_2 e KCl (1mg/ml), solução de Tyrode à temperatura ambiente e gelada.

Solução de Tyrode

NaCl8g

KCL0,20g

CaCl_20,02g

MgCl_20,1g

NaHCO_31,0g

NaHO_40,05g

Glicose.....1,0g

Água destilada..1,0g

c. animal: coelho

d. preparação da aparelhagem e do animal

Após sacrificar o animal por meio de um golpe na região posterior do crânio, corta-se uma porção do intestino (jejuno ou íleo) com 3 a 4 centímetros de comprimento.



Monta-se a peça na cuba de órgão isolado, contendo solução nutritiva (solução de Tyrode) em banho maria a 40 graus.

A peça deve ser fixada na cuba em uma das extremidades ficando a outra extremidade presa na alavanca registradora por meio de um fio de linha.

A solução nutritiva deve ser substituída constantemente após cada procedimento.

e. procedimentos

Registram-se as contrações musculares nas seguintes condições:

- e.1 Peça em repouso, banhada pela solução nutritiva.
- e.2 Anóxia (interrompe-se a oxigenação)
- e.3 Peça mergulhada em solução nutritiva contendo 300 a 600mg (1mg/1mg) de cálcio.
- e.4 Peça mergulhada em solução nutritiva gelada.
- e.5 Peça mergulhada em solução nutritiva contendo 5 a 20 gamas de acetil colina.
- e.6 Peça mergulhada em solução nutritiva, contendo 5 a 20 gamas de adrenalina.
- e.7 Peça mergulhada em solução nutritiva, contendo 5 a 20 gamas de noradrenalina.

f) roteiro de perguntas para análise dos resultados

- f.1 Explique os resultados obtidos no item 01 e explique as diferenças em relação aos resultados obtidos na experimentação I, realizada com a musculatura esquelética.
- f.2 Justifique os resultados obtidos com a variação nas concentrações extracelulares de cálcio e potássio.



f.3 Explique o efeito da queda de temperatura nas contrações da musculatura lisa do intestino do coelho.

f.4 Explique as diferenças encontradas nos resultados de contrações musculares em função da administração de: acetil colina, adrenalina e noradrenalina.

f.5 Compare os registros (amplitude e frequência) obtidos nos experimentos 01 e 02.

Experimento 03: Musculatura cardíaca

a. material: pinça cardiográfica e sistema inscridor, quimógrafo, prancha de cortiça, alfinetes, estimulador, sinal eletromagnético, instrumental cirúrgico, vidro relógio, fio de linha.

b. soluções: solução de Ringer na temperatura ambiente, gelada e aquecida, adrenalina (1mg/1mg), acetil colina (1mg/1mg).

c. animal: sapo.

d. preparação da aparelhagem e do animal

O animal insensibilizado deve ser fixado em decúbito dorsal na prancha por meio de alfinetes, transfixando-se as patas.

Faz-se uma incisão em cruz, na pele, na altura do esterno.

Após dissecar e rebater os retalhos, levanta-se o esterno e isolam-se os tecidos adjacentes com uma tesoura, secionando os ossos caracoides e clavículas.

Expõe-se o coração, abrindo o pericárdio cuidadosamente.

O coração dos anfíbios apresenta a particularidade de possuir um ventrículo, dois átrios e uma formação especial, chamada seio venoso, onde desembocam três veias cavas. O sangue expulso pelo ventrículo é lançado no bulbo aórtico de onde segue para o corpo e para os pulmões.



e. procedimentos

- e.1 Levanta-se o ápice do coração expondo a face posterior do coração e observa-se a seqüência de batimentos e identificam-se as estruturas cardíacas mencionadas.
- e.2 Observam-se as características das contrações dos ventrículos, cor e freqüência.
- e.3 Registram-se os batimentos cardíacos com o coração conectado no registrador, por meio da pinça cardiográfica, ou de um gancho e fio de linha.
- e.4 Goteja-se, no coração, um pouco de solução de Ringer aquecida e registra-se a resposta do órgão à ação da temperatura.
- e.5 Após adquirir freqüência normal, sendo lavado com solução de Ringer, goteja-se acetil colina e registra-se a resposta.
- e.6 Registra-se a resposta do órgão à ação da adrenalina.
- e.7 Estimula-se eletricamente o ventrículo em várias fases do batimento cardíaco (diástole e sístole) e, através da resposta mecânica do órgão, identificam-se os períodos refratários absolutos e relativos dos potenciais de ação.
- e.8 Com o coração preso por um fio de linha amarrado entre os seios venoso e os átrios, observa-se o comportamento de ambas as partes (manobra conhecida pelo nome de 1ª. Ligadura de Stan-nius).
- e.9 Estimulam-se os ventrículos com estímulos elétricos de voltagens crescentes e registram-se as contrações.
- e.10 Estimula-se o ventrículo com estímulos de voltagem baixa, constante, aumentando-se a freqüência (fenômeno da "escada") e registram-se as contrações.
- e.11 Aumenta-se a tensão do músculo deslocando-se o peso da alavanca registradora e registram-se as contrações com o músculo estirado.



e.₁₂ Seciona-se o coração na altura do seio venoso e coloca-se o órgão em um vidro relógio com solução de Ringer. Observa-se o seu comportamento.

e.₁₃ Seciona-se o ápice do coração e com um alfinete estimula-se o órgão.

f. roteiro de perguntas para análise dos resultados

f.₁ O que representa a variação de cor da musculatura cardíaca durante o ciclo de batimentos?

f.₂ Qual o efeito da temperatura nas concentrações cardíacas? explique.

f.₃ Explique os efeitos da acetil colina e da adrenalina na musculatura cardíaca.

f.₄ Explique o efeito das estimulações realizadas no período refratário absoluto e relativo.

f.₅ Explique a pausa pós sistólica ou pós extra sistólica.

f.₆ Compare as respostas obtidas após estimulação elétrica nos músculos cardíaco e esquelético. Identifique as diferenças e tente explicar.

f.₇ Compare o efeito do aumento de tensão na musculatura cardíaca, lisa e esquelética. Tente explicar.

f.₈ Descreva a automacidade e ritmicidade da musculatura cardíaca e justifique tais características de funcionamento.

f.₉ Tente explicar as diferenças e semelhanças funcionais dos três tipos de musculatura, lisa, esquelética e cardíaca.

f.₁₀ Faça uma análise da influência da variação funcional dos diversos tipos de musculatura no funcionamento de órgãos e sistemas.



04. Demonstração de respostas orgânicas, durante variações do LEC, para análise de mecanismos de controle nervoso e humoral da respiração e da pressão arterial

a. Introdução

O tronco cerebral, extensão complexa da medula, apresenta funções específicas quanto ao controle dos sistemas respiratório, cardiovascular, gastrointestinal, endócrino, equilíbrio e sustentação do corpo, entre outros.

Para produzir impulsos automáticos que controlam os músculos da respiração, tônus muscular de vasos e a atividade cardíaca, existem conjuntos de circuitos neuronais no bulbo e Ponte, constituindo os chamados Centro da Respiração e Centro Vaso Motor.

Esses centros nervosos são tonicamente ativos e geram espontaneamente impulsos para os músculos torácicos, envolvidos na inspiração, e para os músculos presentes nas paredes dos vasos sanguíneos e coração, interferindo, assim, na atividade cardiovascular.

As atividades desenvolvidas por estes centros nervosos são alteradas por impulsos aferentes vagais, originados nos pulmões (Reflexo de Hering Breuer), por quimiorreceptores do arco aórtico e bifurcação das caróticas principalmente.

A atividade respiratória determinada pelas descargas intermitentes do Centro respiratório, é controlada por mecanismos nervosos e humorais, entre eles o Reflexo de Hering Breuer, descargas da zona bulbar quimiossensível durante variações das pressões parciais de O_2 e CO_2 arteriais e do pH plasmático.



Alterações nervosas e/ou humorais podem modificar a amplitude e a frequência dos ciclos respiratórios.

Da mesma forma, a circulação sanguínea é controlada por mecanismos nervosos e humorais, sobrepostos à regulação intrínseca do sistema cardiovascular.

Essa forma de controle nervoso e humoral é rápida e age concomitantemente, alterando ao mesmo tempo a atividade respiratória e a cardiovascular.

A ação dos centros bulbares é integrada, ou seja resulta do processamento de informações humorais, nervosas periféricas, intestinais e centrais (áreas corticais e subcorticais).

b. objetivos do experimento

- Demonstrar a interferência das variações de gases (concentração de O_2 e CO_2), do pH e da temperatura na função respiratória e cardiovascular.
- Demonstrar a ação do mecanismo de controle respiratório nas seguintes condições: aumento do espaço morto e estimulação elétrica do nervo vago.
- Demonstrar a ação de mecanismos nervosos e humorais no controle da pressão arterial durante a: variação postural, estimulação mecânica dos seios carotídeos e injeção de drogas simpatomiméticas e parassimpatomiméticas.

c. material: quimógrafo, manômetro de mercúrio, estimulador e eletródios, sinal eletromagnético, cânula traqueal, cânula de polietileno para carótida, artéria femoral e veia femoral, instrumental cirúrgico, seringa e agulhas, mesa cirúrgica para cachorro, Tambor de Marey, pneumógrafo.

d. soluções:

-NaCl 0.9 % na temperatura ambiente e aquecido.

-HCl 0.5 % N

-NaHCO₃ 10 %

-Heparina 1:50

-Nembutal ou Pentobarbital

-Adrenalina 10 mg/ml

-Acetil colina 10mg/ml

e. animal: cachorro

f. preparação do animal e da aparelhagem

f.1 Anestesia-se o animal com nembutal ou pentobarbital sódico a 30 mg/Kg de peso corporal por via endovenosa.

f.2 Canula-se a traquéia, artérias e veias femorais.

f.3 Isolam-se os nervos vagos e as artérias caróticas.

f.4 Conectam-se o pneumógrafo, o tambor de Marey e o manômetro de mercúrio para registro de pressão arterial (artéria femoral).

f.5 Adapta-se o sinal eletromagnético de modo que as pontas dos seus estiletes e a do manômetro fiquem numa mesma linha vertical.

g. procedimentos

g.1 Registram-se a pressão arterial e os ciclos respiratórios para obtenção da linha de base.

g.2 Eleva-se a parte posterior do animal deixando-o por algum tempo nesta posição e registra-se a variação de pressão arterial.

g.3 Inverte-se a posição do animal levantando a parte anterior e registra-se a pressão.



- g.4 Pressionam-se os seios carotídeos do cão com os polegares. Para potencializar o efeito da compressão, comprimem-se concomitantemente os globos oculares com os dedos médios.
- g.5 Ocluem-se, simultaneamente, as duas carótidas e registra-se a resposta.
- g.6 Injeta-se NaCl 0.9 % aquecido e registram-se as variações respiratórias e de pressão arterial.
- g.7 Injeta-se adrenalina (5mg/Kg) através da veia femoral e registram-se respostas pressoras.
- g.8 Injetam-se os dois nervos vagos entre duas ligaduras, previamente aplicadas em cada nervo. Registram-se as variações pressóricas e de frequência e amplitude dos ciclos respiratórios.
- g.9 Usando-se estímulos elétricos repetidos e de baixa voltagem, estimulam-se alternadamente os dois cabos distais do nervo vago. Registram-se as variações pressóricas e de amplitude dos ciclos respiratórios.
- g.10 Estimulam-se, novamente, eletricamente os nervos vagos, cabos centrais e observam-se variações pressóricas e do ciclo respiratório.
- g.11 Estimulam-se novamente os seios carotídeos (procedimentos 4 e 5) e observam-se as diferenças de respostas com os vagos seccionados.
- g.12 Injeta-se adrenalina (procedimento 6), e observam-se os resultados, comparando-os.
- g.13 Oclui-se a entrada de ar traqueal e registram-se alterações pressóricas e respiratórias.
- g.14 Injetam-se 5 ml de HCl 0,5N provocando acidose. Registram-se alterações pressóricas e respiratórias.
- g.15 Sacrifica-se o animal por meio de injeção de ar intravenoso (embolia gasosa) e registram-se variações pressóricas e respiratórias.



h. roteiro de perguntas para análise dos resultados

- h.1 Explique de que forma a alteração postural pode interferir na pressão arterial e na atividade respiratória.
- h.2 De que maneira o estímulo físico nos seios carotídeos e globos oculares (procedimentos g.4 e g.5) altera a atividade dos Centro Respiratórios e Vaso Motor no Tronco Cerebral?
- h.3 Que condição fisiológica é representada no procedimento g.5 ?
- h.4 Justifique a resposta orgânica (pressórica e respiratória), obtida após o procedimento g.6
- h.5 Explique a ação da adrenalina e da acetil colina, injetadas endovenosamente, na atividade respiratória e cardiovascular.
- h.6 Explique a resposta orgânica após a secção dos nervos vagos.
- h.7 Explique a resposta dos Centros Respiratórios e Vaso Motor à estimulação elétrica vagal (cabos distais e centrais).
- h.8 Explique a resposta orgânica do cão após a administração de adrenalina associada à vagotomia.
- h.9 Explique a resposta orgânica do cão à compressão dos seios carotídeos.
- h.10 Justifique as respostas pressóricas e respiratórias do animal, obtidas após os procedimentos 13, 14 e 15.

H. Questões de estudo

Unidade I

01. Como o organismo encontra-se organizado funcionalmente, e, quais as funções gerais e específicas de cada um dos seus sistemas orgânicos?
02. Defina o termo MEIO INTERNO.
03. Defina o termo HOMEOSTASIA.
04. Como funcionam os sistemas orgânicos que controlam o funcionamento geral do organismo?
05. Explique o que são mecanismos gerais e específicos de funcionamento e controle orgânicos e as relações entre eles.
06. Dê um exemplo de resposta funcional do organismo à uma variação ambiental.
07. Usando o exemplo dado na questão anterior, cite e explique mecanismos gerais e específicos de funcionamento e controle orgânicos que podem estar envolvidos na recepção do estímulo e no processamento da resposta orgânica.
08. Os mecanismos gerais e específicos são gerados concomitantemente ou em tempos diferentes? explique.

Unidade II

01. Cite as diferenças fundamentais entre a composição do LEC e a do LIC.
02. Defina GRADIENTE elétrico e de concentração e cite alguns fatores que podem alterá-los.

03. Defina os termos POTENCIAL celular, POTENCIAL elétrico e POTENCIAL de concentração.
04. Cite e explique condições básicas necessárias ao aparecimento dos potenciais celulares.
05. Quais são as formas de transporte através da membrana celular?
06. Quais são as diferenças fundamentais entre as formas de transporte denominadas ativa e a passiva?
07. Explique o que são carreadores de membrana. Cite fatores que podem limitar os transportes de substâncias através da membrana, dependentes desse fator químico, o carreador.
08. Defina potencial de ação e potencial de membrana.
09. Que fatores podem impedir a gênese do potencial de ação?
10. Construa um gráfico do registro de um potencial de ação e assinale as seguintes fases:
 - a. período refratário absoluto
 - b. período refratário relativo
11. Explique as causas das variações eletrogerênicas que ocorrem em cada uma das fases do potencial de ação celular.
12. Explique como uma célula pode ser: a. hipopolarizada; b. hiperpolarizada.
13. Que características estruturais celulares são responsáveis pelas seguintes propriedades funcionais: a. auto-excitabilidade; b. ritmicidade.

Unidade III (A)

01. Descreva algumas das especificidades da organização morfológica do SISTEMA NERVOSO que podem explicar as seguintes características funcionais: 1. modalidade sensitiva; 2. níveis dife-



rentes de complexidade das sensações; 3. diferentes níveis de respostas motoras.

02. Explique, resumidamente, como os mecanismos orgânicos permitem a produção de sensações somáticas, de contrações musculares lisas, cardíacas e esqueléticas.

03. Quais são os tipos de receptores sensoriais existentes no sistema nervoso, onde se localizam e como podem ser estimulados.

04. Explique o mecanismo neurogênico de recepção de estímulos ambientais.

05. Quais são as características eletroquímicas do potencial gerador.

06. Explique as características gerais da transmissão de sinais e suas relações com as características estruturais dos axônios.

07. Cite as características gerais do sistema de transmissão de sinais nervosos e suas relações com as características estruturais dos nervos.

08. Cite as funções básicas das sinapses e junções neuromusculares, na transmissão e inibição dos sinais nervosos.

09. Cite os tipos de circuitos neuronais encontrados no S.N.C. e explique a importância de cada um deles para a ocorrência da transmissão do estímulo nervoso e o processamento das informações.

10. Explique o mecanismo de processamento das respostas orgânicas, em nível de córtex cerebral e de medula.

11. Explique a obtenção de respostas orgânicas, em nível somático, após o processamento de sinais no Sistema Nervoso Central.

12. Explique as relações entre os aspectos organizacionais do sistema nervoso e as seguintes funções orgânicas:

a. discriminação da modalidade e amplitude de estímulos; b. localização espacial de estímulos.

13. Qual a importância do Sistema Nervoso para a manutenção da homeostasia orgânica. Cite um exemplo.
14. Explique as etapas do processamento de sinais nervosos, geradores de estímulos humorais e musculares, em órgãos como os rins, vesícula biliar, etc.

Unidade III (B)

01. Descreva a topografia dos diversos tipos de musculatura (lisa, esquelética e cardíaca).
02. Explique, resumidamente, o mecanismo de contração muscular, comum a todos os tipos de musculatura.
03. Quais são as condições básicas necessárias para o desencadeamento das contrações musculares.
04. Explique as diferenças funcionais gerais entre as musculaturas lisa, esquelética e cardíaca.
05. Cite algumas das diferenças histológicas, entre os diversos tipos de musculatura, as quais podem explicar as diferenças funcionais.
06. Esquematize uma junção neuromuscular, indicando seus principais constituintes.
07. Explique a importância dos mecanismos miogênicos no desencadeamento das seguintes funções orgânicas:
- a. eliminação de secreções (salivar, biliar, gástrica, etc.)
 - b. condução do alimento no trato digestivo.
 - c. movimentação reflexa de órgãos e sistemas durante a ação de agentes físicos e químicos.
08. Cite e explique algumas das diferenças funcionais, entre os diversos tipos de musculatura.



Unidade IV (A)

01. Defina HORMÔNIO e explique as relações funcionais (síntese, eliminação e ação), com metabolismo celular.
02. Os hormônios agem da mesma maneira em nível celular? Qual ou quais as diferenças entre os mecanismos de ação dos hormônios, de natureza proteica e os esteróides?
03. Quais são os fatores responsáveis pelos diversos mecanismos de ação hormonal?
04. Explique o mecanismo orgânico, geral, da produção hormonal e do controle da produção.
05. Explique o papel funcional do eixo Hipotálamo Hipofisário o qual controla a produção hormonal da glândula hipófise.
06. Descreva a hipófise. Cite todos os hormônios produzidos por ela, bem como suas funções metabólicas.
07. Como são produzidos os hormônios da suprarrenal? explique a ação geral desses hormônios no metabolismo celular.
08. Como pode ser estimulada a síntese dos hormônios tireoideanos? como se realiza o controle dessa síntese?
09. Como pode ser estimulada a produção dos hormônios paratireoidianos? como se realiza o controle da sua produção?
10. Explique como pode ser estimulada a produção dos hormônios do pâncreas endócrino e como é realizado o controle da produção e o da liberação dos hormônios que essa glândula produz?
11. Explique como pode ser estimulada a produção dos hormônios sexuais, feminino e masculino, bem como a ação de cada um deles, no aparecimento dos caracteres sexuais secundários, na gametogênese, no ciclo menstrual, na gravidez e na lactação.

Unidade IV (B)

01. Descreva o aparelho digestivo com todos os seus órgãos anexos.
02. Cite os tipos de movimentos intestinais envolvidos na condução e mistura dos alimentos.
03. Indique o tipo de musculatura presente nas paredes intestinais e suas características funcionais.
04. Cite os principais tipos de estímulos (físico, químicos e sociais) que podem desencadear contrações intestinais e liberação de secreções intestinais.
05. Explique os mecanismos gerais de controle da condução do alimento no trato digestivo (neurogênicos, humorais e miogênicos).
06. Explique as funções básicas das seguintes secreções glandulares: saliva, suco gástrico, suco entérico, suco pancreático e suco biliar.
07. Quais são as condições básicas para que ocorra a absorção intestinal de alimentos gordurosos, proteicos e carboidratados?
08. Quais são os mecanismos neurogênicos, miogênicos e humorais, envolvidos no controle da absorção de alimentos no trato digestivo?
09. Cite um exemplo de funcionamento específico do trato digestivo, o qual interfere nas demais funções orgânicas.

Unidade IV (C)

01. Desenhe a árvore sistêmica indicando todas as suas estruturas.
02. Cite as principais diferenças entre as artérias e as veias quanto:

a. complacência

b. resistência

c. distensibilidade

03. Cite as diferenças estruturais, entre artérias e veias, as quais podem explicar suas diferenças quanto as propriedades funcionais.

04. Defina *resistência periférica* e explique a sua importância no controle do débito cardíaco ou retorno venoso.

05. Explique a importância da pressão capilar nas trocas de nutrientes em nível pulmonar e tecidual.

06. Explique de que maneira o metabolismo celular interfere no fluxo sanguíneo tecidual e, conseqüentemente, no débito cardíaco.

07. Explique a Lei de Frank Starling.

08. Explique o ciclo cardíaco e as razões das variações de pressões que ocorrem em nível auricular e ventricular.

09. Cite as características estruturais da musculatura cardíaca que justificam a excitação autônoma do coração e a condução do potencial de ação durante a contração atrial e a ventricular.

10. Explique como ocorre o controle da função cardíaca em nível local.

Unidade IV (D)

01. Explique o mecanismo da respiração e o seu controle nervoso.

02. Cite e explique os fatores que determinam as trocas gasosas em nível alveolar e tecidual.

03. Cite e explique os fatores que oferecem resistência às trocas gasosas, em nível alveolar e tecidual.

04. Explique a ocorrência do transporte de O_2 e CO_2 em nível pulmonar.



05. Cite e explique os fatores físicos e químicos que podem estar envolvidos no controle nervoso e químico da respiração.

Unidade IV (E)

01. Explique a formação da urina.
02. Cite todos os fatores que podem alterar a filtração glomerular.
03. Explique como os rins podem controlar a filtração plasmática, variando o fluxo sanguíneo renal.
04. Qual o papel do mecanismo renal (renina-angiotensina) no controle da osmolaridade plasmática.
05. Explique o papel principal do rim no controle da pressão arterial sistêmica.
06. Explique o mecanismo da sede-hormônio ADH.



**I. Sugestões de textos para leituras básicas e complementares
ao estudo dos conteúdos programáticos da disciplina Fisiologia Geral**

código de identificação / referência bibliográfica

- * AIRES, M. M. Fisiologia Básica. Rio de Janeiro. Guanabara Koogan, 1985.
- ** BEST & TAYLOR'S.. As Bases Fisiológicas da Prática Médica, 9. ed., Rio de Janeiro, Guanabara Koogan, 1976.
- *** GUYTON, A. C. Tratado de Fisiologia Médica. 4. ed., Rio de Janeiro, Guanabara Koogan, 1985.
- */* _____. Fisiologia Humana. 6. ed., Rio de Janeiro, Guanabara Koogan, 1985.
- **/** HOUSSAY, B. A. Fisiologia Humana, 5. ed., Rio de Janeiro, Guanabara Koogan, 1984.
- */** SELKURT, E. E. Fisiologia. 4. ed., Rio de Janeiro, Guanabara Koogan, 1979.
- *. VANDER, A. J., ; SHERMAN, J. H.; LUCIANO, D. S. Fisiologia Humana, 1. ed., São Paulo, Mac Graw-Hill do Brasil, 1981.
- *.*. VIEIRA, E. C.; GAZZINELLI, G.; GUIA, M. M. Química Fisiológica. Rio de Janeiro, Livraria Ateneu, 1979.

- ***. WADDINGTON, C. H. Instrumental para o pensamento. São Paulo, Ed. USP, Belo Horizonte, Ed. Itatiaia Ltda, 1979.

Unidade de conteúdos I - Organização funcional do corpo humano.

Bibliografia

capítulos/páginas

- *** CAP. 4 - A estrutura dos sistemas complexos, p. 37-50.
- *** CAP. 1 - Organização do Corpo humano e Controle do meio Interno, p.2-5.
- ** CAP. 1- Introdução à Fisiologia Humana, p.3-12.
- * CAP. 1- Uma organização para a Fisiologia Humana, p.1-14.
- **/** CAP. 7 - Homeostasia e Controle por "Feed-Back" Negativo, p.154-159.
- * CAP. 1 - Uma organização para a Fisiologia Humana, p.1-14.
CAP. 7 - Mecanismos Homeostáticos, p.147-166.
- **/** CAP. 7 - Homeostasia e Controle por "Feed-Back" Negativo, p.154-159.



Unidade de conteúdos II - Características físico-químicas dos líquidos corporais, suas relações com o tipo de transporte através da membrana celular.

*** CAP. 4- Transporte através da membrana celular, p.38-49.

CAP. 5- Potenciais de Membrana, Potenciais de Ação, Excitação e ritmicidade, p.50-62.

CAP. 33 - Líquidos do Organismo, p.362-373.

/ CAP. 5 - Ambiente Líquido da célula e Transporte através da Membrana Celular, p.48-62.

CAP. 6 - Potenciais de membrana, p.64-71.

CAP. 21 - Dinâmica da Membrana capilar, os líquidos corporais e o sistema linfático, p.271-286.

* CAP. 6 - Movimento de Moléculas através das membranas celulares, p.114-146.

CAP. 8 - Potenciais de membrana, p. 168-186.

CAP. 13 - Regulação do Balanço Hídrico e Eletrolítico, p. 424-465.

** Seção 1

CAP. 2 - Propriedades físico-químicas, permeabilidade e transporte nas membranas celulares, p. 14-24.

CAP. 3 - Princípios de Bioeletricidade, p. 27-41.



/

Seção 1

CAP. 1 - Fisiologia Celular, p. 1-8.

Seção 10 - Potenciais Biolétricos, p. 601-611.

.

CAP. 1 - Meio interno e Proteínas no Plasma.

CAP. 4 - Metabolismo de água e eletrólitos, p. 75-90.

*

Seção 1

CAP. 1 - Fisiologia Geral, p. 2-19.

/

CAP. 1 - A membrana Celular e o Transporte Biológico, p. 1-30.

CAP. 23 - Água Corporal e Eletrólitos. Composição e Regulação, p. 415-431.

Unidade de conteúdos III - Mecanismos Neurogênicos

CAP. 46 - Organização do Sistema Nervoso, p. 514-519.

CAP. 48 - Os receptores Sensoriais e seus mecanismos básicos de ação, p.532-539.

CAP. 6 - Função das Sinapses Nervosas e das junções Neuromusculares, p.63-74.

CAP. 47 - Transmissão e processamento de Informações no Sistema Nervoso, p. 520-531.

**/*

Seção 4.

CAP. 8 - Plano Geral do Sistema Nervoso central; a sinapse e os circuitos neuronais básico, p. 98-114.

*.

CAP. 8, (C) - Divisões do Sistema Nervoso, p. 209-220.

CAP. 8, (B) - Atividades Fisiológicas dos neurônios, p. 186-209.



**

Seção 9.

CAP. 1 - Análise de Sistemas Neurais de Controle, p. 929-943.

/

Seção 10.

Propriedades do nervo. Fisiologia da Sinapse. Mecanismo das sensações. Receptores, p. 619-624; p. 609-619.

*

CAP. 2 - Organização Funcional do Sistema Nervoso, p. 22-25.

CAP. 3 - Neurofisiologia Geral, p. 26-51.

Unidade de conteúdos IV - Mecanismos miogênicos

CAP. 7 - Contração do músculo, p. 75-93.

CAP. 6 - Transmissão de impulsos dos nervos para fibras musculares esqueléticas. Excitação do músculo liso. Transmissão no miocárdio, p.63-91.

/

CAP. 7 - Anatomia Funcional e contração muscular, p. 78-96.

*

CAP. 10 - Músculo, p. 244-299.

**

Seção 1.

CAP. 4 - Excitação e contração muscular, p. 50-80.

/

Seção 10.

CAP. 39 - A atividade fisiológica do músculo, p. 627-632.



* Unidade de conteúdos V (A) - Mecanismos de ação do aparelho digestivo. Seção 1.
CAP. 5 - Sistemas motores, p. 98-107.

*/** CAP. 3 - Efetores: músculo estriado, liso e cardíaco, p. 60-80.

Unidade de conteúdos V (A) - Mecanismos de ação dos sistemas orgânicos e a manutenção da homeostasia orgânica.

/ Seção 7.
CAP. 1 - Introdução ao controle do sistema endócrino, p. 665-670.

CAP. 10 - Controle do metabolismo de carboidratos no músculo, p. 753.

CAP. 11 - Controle do metabolismo de ácidos graxos no tecido adiposo, p. 762.

CAP. 12 - Controle da glicogênese e lipogênese no fígado, p. 770.

Seção 2.

CAP. 3 - Hormônios gastrintestinais, p. 171-172.

/ Seção 7.
CAP. 32 - Glândulas endócrinas. Hipófise, p. 437-474.

* Seção 7 -
Sistemas endócrinos, p. 464-542.

. CAP. 10 - Hormônios, p. 225-241.

Unidade de conteúdos V (B) - Mecanismos de ação do aparelho digestivo e o controle das seguintes funções: nutrição e excreção

*** CAP. 63 - Trânsito do alimento através do aparelho digestivo, p. 706-707.

*** CAP. 64 - Funções secretoras do aparelho digestivo, p. 721-731.

*** CAP. 65 - Digestão e absorção no trato gastrintestinal, p. 731-742.

*/** Seção 10 - Os sistemas digestivo e metabólico, p. 395-428.

** Seção 2.

CAP. 9 - Movimento do Trato Intestinal, p. 232.

CAP. 4 - Secreção Salivar, p. 173.

CAP. 5 - Secreção Gástrica, p. 185.

CAP. 6 - Secreção Pancreática, p. 198.

CAP. 7 - Secreção Biliar, p. 206.

CAP. 8 - Secreção e Absorção no intestino, p. 220-231.

*/** Seção 5.

CAP. 21 - Digestão, p. 273-304.

* Seção 6

Fisiologia do Sistema digestivo, p. 400-463.

*/** CAP. 25 - Sistema Gastrintestinal, p. 454-465.

CAP. 26 - Secreção e Ação dos Sucos Digestivos; absorção, p. 483-509.

Unidade de conteúdos V (C) - Mecanismos de ação cardiovascular relacionados com as seguintes funções: a. circulação sanguínea e troca de nutrientes em nível capilar; b. manutenção do fluxo sanguíneo, pressão e débito cardíaco dentro de limites normais de variação

- *** CAP. 13 - O coração como bomba,; o ciclo cardíaco, a contratilidade cardíaca, o volume sistólico, p. 142-161.
CAP. 18 - Princípios básicos do sangue, Fluxo sanguíneo e pressão: hemodinâmica, p. 194-206.
CAP. 19 - A circulação sistêmica, p. 207-217.
CAP. 20 - Dinâmica Capilar e Troca de Líquido Intersticial, p. 218-228.

/

Seção IV.

CAP. 16 ao 20, p. 205-270.

*

Parte 3

CAP. 11 - Circulação, p. 291-377.

**

Seção 3.

Circulação.

CAP. 8 - Mecanismos de Controle do sistema circulatório.

CAP. 9 - Regulação sistêmica e pulmonar, p. 405-421.

/

Seção 3.

CAP. 8 - Generalidade, p.83-85.

CAP.16- Circulação Arterial Sistêmica. Regulação Neural-humoral da circulação arterial. Pulso arterial e curvas de pressão arterial, p. 173-200.

CAP. 17 - Função dos capilares. Circulação das veias, p.201-217.

*

Seção 3.

Fisiologia da Circulação.

CAP. 8 ao 10, p. 302-325.

**/*

CAP. 17 - Controle do Sistema Cardiovascular, p.292-312.

Unidade de conteúdos V (D) - Mecanismos de ação respiratória relacionados com as seguintes funções: trocas gasosas e equilíbrio ácido-básico plasmático

**/*

Seção 9.

O sistema respiratório, p. 349-381.

*

CAP. 12 - Respiração, p. 378-423.

**

Seção 6.

Respiração.

CAP. 4 - Controle da ventilação, p. 239-640.

/

Seção 4.

Respiração, p. 239-271.

Unidade de conteúdos V (E) - Mecanismos de ação renal relacionados com a depuração plasmática

CAP. 34 ao 37, p. 374-417.

**/*

Seção VIII.

Os líquidos corporais e os rins.

CAP. 22 e 23, p. 287-414.



**

Seção 5.

CAP. 1 - Produção da urina, p. 551-577.

CAP. 4 - Sangue e Linfa.

CAP. 11 - Regulação da concentração do íon hidrogênio dos fluidos orgânicos, p. 526-534.

/

Seção 9.

Formação e excreção da urina, p.577-598.

*

Seção 5.

Fisiologia Renal, p.364-399.

/

CAP. 22 - Função Renal, p. 364-399.

CAP. 24 - Regulação Respiratória e Renal do Equilíbrio ácido-básico, p. 435-453.



J. Redação: "O corpo humano: uma interação perfeita"

PONTO DE VISTA

O corpo humano: uma interação perfeita

A interação entre o organismo e o meio externo se dá graças à perfeita constituição do nosso corpo, que é capaz de se adaptar às mais diversas modificações do ambiente. Toda essa performance é controlada por sistemas, entre eles o nervoso, que tem por funções básicas a tradução de estímulos ambientais em sinais nervosos e a emissão de respostas, bem como o armazenamento na memória das experiências sofridas no dia a dia do indivíduo.

Essa capacidade de adaptação do corpo humano é devida principalmente a mecanismos gerais e específicos de funcionamento e controle, pois é através desses mecanismos que o organismo mantém seu equilíbrio interno. É importante destacar que se trata de um equilíbrio dinâmico, porque dentro do nosso corpos estão ocorrendo constantes alterações físico-químicas como as trocas gasosas, produção de energia, quebra de moléculas, transportes de partículas e síntese de substâncias, proporcionando alterações químicas contínuas no meio interno.

Dentre os mecanismos gerais de funcionamento e controle estão os mecanismos neurogênicos, responsáveis, em parte, pelo equilíbrio do organismo. A organização do

sistema nervoso no corpo humano, através das terminações nervosas ligadas a todas as nossas vísceras, glândulas e músculos, permite manter o organismo integrado funcionalmente. Outros mecanismos, os chamados miogênicos, mantêm a movimentação de vísceras, como os intestinos, movimentação dos líquidos orgânicos e do próprio corpo como um todo. Os mecanismos humorais, que se constituem de reações entre substâncias químicas presentes nos líquidos orgânicos, de um lado, e as estruturas celulares dos diversos tecidos dos diferentes órgãos, de outro, são responsáveis por grande parte das alterações químicas do meio interno.

Os mecanismos específicos de funcionamento e controles orgânicos estão intimamente relacionados aos mecanismos gerais, a que nos referimos, mas diferem em sua gênese, pois são inerentes a determinadas áreas especiais do organismo como a do aparelho digestivo, do aparelho cardiovascular, do aparelho renal, etc.

As especificidades das estruturas biológicas evidenciam as suas próprias funções. Assim, por exemplo, as inúmeras microvilosidades das células intestinais favorecem a sua

função de absorção dos nutrientes.

Mas a análise do funcionamento do organismo humano exige também o conhecimento dos estímulos ambientais aos quais o organismo reage.

Além dos estímulos físicos e químicos, não podemos nos esquecer de outros tipos de estímulos que provocam reações fantásticas no organismo humano. Estamos falando de estímulos sociais, que se originam da integração do homem com o próprio homem. Esses estímulos evocam respostas no organismo humano, que se manifestam principalmente através das emoções. Essas respostas tanto podem ser sensações de prazer como de punição. Por sua vez, essas sensações eliciam outras respostas comportamentais complexas, tais como reações de defesa e de ataque.

O atributo máximo da espécie humana, o pensamento, de natureza psicofisiológica e social, se manifesta através da linguagem, condição fundamental para que o indivíduo participe da sociedade, contribuindo com a sua própria evolução e construindo a sua própria história. (Heraldo Lorenna Guida - aluno do 1º ano do curso de Fonoaudiologia da Unesp/Marília)

px 2 **CORREIO DE MARÍLIA** *22/12*

VILLANI, V.G. *A evolução conceitual de alunos submetidos a uma proposta metodológica de ensino, na área das ciências Biológicas*. Marília, SP, Brasil, 1992. 317p. Dissertação (Mestrado em Ensino na Educação Brasileira) - Faculdade de Filosofia e Ciências, Universidade Estadual Paulista.

RESUMO

O objetivo da presente pesquisa foi a análise da evolução conceitual de estudantes do Curso de Fonoaudiologia, os quais se submeteram a uma metodologia de ensino ao cursarem uma das disciplinas, Fisiologia Geral, oferecida no primeiro termo do curso. Fundamentada nos pressupostos construtivistas da gênese e evolução do conhecimento humano e nas teorias de aprendizagem de Piaget, Vygotsky e Ausubel, a metodologia de ensino objetivou facilitar a aprendizagem significativa de formas de funcionamento e controle do organismo humano. A pesquisa consistiu de: a. seleção de um *corpus* de conhecimento na área das Ciências Biológicas; b. identificação do conhecimento dos estudantes a respeito do *corpus* de conhecimentos, antes e após a implementação da proposta metodológica de ensino; c. análise das possíveis relações entre o conhecimento dos estudantes universitários e os aspectos organizacionais dos conteúdos instrucionais (seleção, hierarquização) dos livros-texto utilizados por eles em nível de segundo grau; d. análise das possíveis relações entre o conhecimento dos estudantes, após a implementação da proposta metodológica de ensino, e os aspectos organizacionais (seleção, hierarquização e implementação) do programa de ensino da disciplina Fisiologia Geral. Os resultados confirmam o pressuposto construtivista da aquisição do conhecimento humano, segundo o qual os processos de construção e evolução de significados são dependentes do tipo de interação dos sujeitos e o objeto do conhecimento. A investigação



evidencia, também, a interferência dos significados espontâneos nos processos de construção e evolução do conhecimento formal, sistematizado. Os resultados sobre formas de conceituações, obtidos em dois momentos da investigação, antes e após a implementação da proposta metodológica de ensino, nos dão fortes indícios da efetividade do emprego dos pressupostos construtivistas do conhecimento humano, quando se deseja que os estudantes transformem conceitos identificados como sendo errôneos, de acordo com a lógica científica, em significados de natureza predominantemente científica.

Palavras chaves: evolução conceitual; ensino-aprendizagem; ciências biológicas; construtivismo.



VILLANI, V.G. *The conceptual evolution of students submitted to a methodological teaching proposal in the area of biological sciences.* Marília, SP, Brazil, 1992. 317p. Dissertation (Master in Brazillian Education) - Faculdade de Filosofia e Ciências, Universidade Estadual Paulista.

SUMMARY

The purpose of the present research was to analyse the conceptual evolution of students in the Phonoaudiology Course (Universidade Estadual Paulista, Câmpus de Marília) who were submitted to a teaching methodology in General Physiology, one of the disciplines of the first term. Basing on the assumptions of constructivism about the genesis and evolution of human knowledge and on the learning theories of Piaget, Vygotsky and Ausubel, the teaching methodology proposed aimed at facilitating the learning of forms of the human body functioning and control. The research consisted of: a) selection of *corpus* of knowledge in Biological Sciences; b) identification of students' knowledge about that "corpus", before and after the application of the teaching methodology; c) analysis of the possible relationships between the university students' knowledge and organizational aspects of the syllabus (selection, hierarchy) of textbooks used in high school; d) analysis of the possible relationships between the students' knowledge, identified after the application of teaching methodology, and the organizational aspects (selection, hierarchy and implementation) of the General Physiology syllabus. The results confirm the constructivism assumption about human knowledge acquisition whereby the processes of meaning construction and evolution depend on the types of interaction between the subjects and the object of knowledge. The study also shows that spontaneous meanings



interfere in the processes of construction and evolution of formal, systematic knowledge. The results concerning the students' conceptualization forms, obtained on two different occasions, before and after application of teaching methodology, strongly indicate that constructivism assumptions of human knowledge can be effectively applied in the school learning environment so that students may transform concepts identified as being wrong from the point of view of scientific logic into meaning of predominantly scientific nature.

Keywords: conceptual evolution; teaching and learning; biological science; constructivism.



GLOSSÁRIO

- *ambiente de aprendizagem*: conjunto de fatores físicos, cognitivos e afetivos com os quais o sujeito interage e constrói o seu próprio conhecimento.
- *aprendizagem*: mudança mediada no comportamento.
- *comportamento*: manifestação dos sujeitos frente aos estímulos do ambiente físico e social. Supõe sempre um aspecto afetivo e um estrutural ou cognitivo.
- *conhecimento*: instrumento cognitivo dos seres humanos cuja gênese e evolução estão nas interações da espécie com o mundo físico e social.
- *disponibilidade de conceitos*: presença de conceitos na estrutura cognitiva em grau de generalização tal que possibilite a sua utilização como instrumento mediador na gênese e evolução de conhecimentos.
- *esquemas*: um modo de reação manifestada através da linguagem gestual, oral ou escrita, susceptível de reprodução e generalização.
- *ensino*: processo de organização do ambiente de aprendizagem escolar que objetiva facilitar a convergência entre conhecimentos de naturezas distintas, espontâneas e científicos.
- *mapa conceitual*: organização hierarquizada do conhecimento, segundo o maior grau de generalidade.



