

**ELIZABETH PEREIRA DE MEDEIROS**

**FORMAÇÃO DO CONCEITO SISTÊMICO DE RESPIRAÇÃO:  
UM ESTUDO ARTICULANDO FENÔMENOS MACRO E  
MICROSCÓPICOS**

**RECIFE, 2011**

**ELIZABETH PEREIRA DE MEDEIROS**

**FORMAÇÃO DO CONCEITO SISTÊMICO DE RESPIRAÇÃO:  
UM ESTUDO ARTICULANDO FENÔMENOS MACRO E  
MICROSCÓPICOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino das Ciências (PPGEC), nível de mestrado, da Universidade Federal Rural de Pernambuco como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ensino das Ciências (área de Concentração: Ensino de Biologia). Linha de pesquisa Formação de Conceitos

**Orientadoras:** Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Ana Maria dos Anjos Carneiro Leão  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Zélia Maria Soares Jófili

RECIFE, 2011

## Ficha Catalográfica

M488f Medeiros, Elizabeth Pereira de  
Formação do conceito sistêmico de respiração: um estudo articulando fenômenos macro e microscópicos / Elizabeth Pereira de Medeiros. -- 2011.  
180 f.: il.

Orientadora: Ana Maria dos Anjos Carneiro Leão.  
Dissertação (Mestrado em Ensino das Ciências) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Educação, Recife, 2011.  
Inclui referências e apêndices.

1. Formação de conceito 2. Respiração 3. Visão sistêmica 4. Mapas conceituais 5. Flexibilidade cognitiva  
I. Carneiro-Leão, Ana Maria dos Anjos, orientadora II. Título

CDD 370

**ELIZABETH PEREIRA DE MEDEIROS**

**FORMAÇÃO DO CONCEITO SISTÊMICO DE RESPIRAÇÃO: UM  
ESTUDO ARTICULANDO FENÔMENOS MACRO E MICROSCÓPICOS**

Dissertação defendida e aprovada pela Banca Examinadora composta pelos seguintes professores (as):

---

**Dra. Ana Maria dos Anjos Carneiro Leão**  
**Orientadora – UFRPE**

---

**Dra Maria Tereza dos Santos Correia,**  
**Examinadora externa – UFPE**

---

**Dra Mônica Maria Lins Santiago**  
**Examinadora interna – UFRPE**

---

**Dra Zélia Maria Soares Jófili**  
**Examinadora interna - UFRPE**

Dissertação aprovada no dia 29/08/2011 no Departamento de Educação da UFRPE.

## DEDICATÓRIA

*A Deus, que está sempre presente em minha vida, por ter me iluminado e inspirado na construção deste trabalho;*

*Aos meus pais, Júlio José de Medeiros (em memória) e Minervina C. de Medeiros, pela dedicação durante toda minha vida;*

*Aos meus filhos, Maria Heloísa e Pedro Humberto, pela subtração das horas de dedicação;*

*Ao meu marido, Ismael Araújo, pelo apoio e compreensão durante todo o curso.*

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Programa de Pós-Graduação em Ensino das Ciências (PPGEC) da UFRPE, pela acolhida em seu corpo discente.

As professoras orientadoras e amigas Dr<sup>a</sup> Ana Maria dos Anjos Carneiro Leão e Dr<sup>a</sup> Zélia Maria Soares Jófili, pela confiança que depositaram em mim, além de todo o ensinamento, apoio, paciência e carinho, tão necessários nos momentos difíceis desta caminhada.

A Coordenação do PPGEC, nas pessoas das professoras, Helaine Sivini e Edênia Amaral, por toda colaboração, incentivo e apoio.

Ao corpo docente do PPGEC, pela dedicação na formação de novos mestres.

A professora Mônica Lins, por quem tenho grande admiração e carinho, por todo apoio, dedicação e pelo trabalho maravilhoso que desenvolveu na turma.

A equipe gestora da Escola Estadual Pe. Nicolau Pimentel: Antônio Gomes, Ari Rodrigues e Dilma Costa, por sua contribuição possibilitando o meu afastamento das atividades escolares e a realização do curso.

Aos colegas e amigos, Tiago Arruda, Hugo Silva, Izaquiel Rêgo, Sidiclei Marculino, Hélio Ribeiro e Eivaldo Carvalho pela valiosa ajuda no manuseio das tecnologias da informação.

A minha grande amiga Marilene Chaves (em memória), por toda colaboração como prefeita do município de Feira Nova.

A Secretaria de Educação do município de Feira Nova, pela valiosa dispensa das atividades escolares possibilitando a realização deste trabalho.

A minha querida amiga Fernanda Brayner, por toda dedicação, companheirismo, e pela imensa contribuição no desenvolvimento deste trabalho.

A minha querida amiga Alba Flora Pereira, que contribuiu de modo significativo com seus ensinamentos sobre a construção de mapas conceituais (sistêmicos).

As minhas colegas e amigas, Claudia Patrícia Silva e Verônica Freitas, que deram importantes contribuições durante o desenvolvimento do trabalho.

A todos os colegas do curso, pela maravilhosa companhia e pelas discussões enriquecidas que tanto contribuíram para minha formação como mestre.

Aos licenciandos em Ciências Biológicas, que participaram da pesquisa: a todos, minha gratidão e respeito.

***Compreender uma coisa apenas de uma maneira é um modo muito frágil de compreensão. Marvin Minsky disse que, para uma pessoa realmente entender algo, precisa compreendê-lo no mínimo de duas formas diferentes. Cada modo de pensar sobre algo reforça e aprofunda cada um dos outros. Compreender uma coisa de várias maneiras produz uma compreensão total mais rica e de natureza diferente da forma única de compreensão.***

***Mitchel Resnick***

## RESUMO

Apesar da necessidade - proclamada pelas pesquisas educacionais e preconizada pelos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN, PCN+) e Organizações Curriculares para o Ensino Médio (OCEM) - de um ensino contextualizado e articulado, a escola ainda está presa a uma visão cartesiana de ensino. Parece haver uma suposição generalizada de que a fragmentação dos conteúdos trabalhados durante o curso não interferirá quando o indivíduo precisar compreender os fenômenos estudados como um todo, em uma perspectiva sistêmica. Partimos do pressuposto da extrema importância de uma compreensão articulada dos conteúdos científicos para favorecer sua aprendizagem significativa. Por este motivo decidimos investigar como o conceito de respiração é compreendido por licenciandos de Biologia que já tenham cursado as disciplinas relacionadas aos conteúdos específicos, uma vez que uma compreensão significativa dos fenômenos biológicos deverá repercutir positivamente na sua docência. Foi utilizada como ferramenta para a análise dos dados a confecção de mapas conceituais, em *parking lot*, a partir de um *kit* contendo palavras relativas ao fenômeno estudado, juntamente com figuras ilustrando os sistemas, órgãos e elementos do universo celular. Em paralelo, foi realizado um trabalho de reorganização conceitual dos conhecimentos da pesquisadora por ser considerada fundamental sua clara compreensão da visão sistêmica do conteúdo “respiração”, para o desenvolvimento da pesquisa. Este trabalho se deu através da construção sucessiva de três mapas conceituais, seguida da construção de um quarto mapa, contendo os mesmos elementos entregues aos licenciandos, com o objetivo de verificar se os elementos oferecidos a eles seriam suficientes para a construção do conceito em tela, de forma sistêmica. Este mapa foi utilizado como referencial para a análise dos mapas produzidos pelos licenciandos. Esta análise evidenciou que apesar dos estudantes estarem próximos do término do curso de Licenciatura, a maioria não demonstrou conhecimento aprofundado do conteúdo trabalhado, em nenhuma das perspectivas estudadas: cartesiana, sistêmica ou da flexibilidade cognitiva. Quanto à pesquisadora, constatou-se a evolução de uma perspectiva fragmentada e desarticulada do conceito de respiração para uma visão articulada e sistêmica. Este resultado sugere a possibilidade dos mapas conceituais serem utilizados como instrumento de avaliação da aprendizagem na formação inicial bem como para apoiar a formação continuada dos professores.

Palavras-chave: flexibilidade cognitiva, formação de conceitos, mapas conceituais, respiração, visão sistêmica.

## ABSTRACT

Even though educational researches and files such as Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN, PCN+) and Orientações Curriculares para o Ensino Médio (OCEM) have pointed to a contextual and articulated learning, school is still attached to a cartesian view of education. There seems to be a widespread assumption that the course content fragmentation will not interfere when one needs to understand phenomena studied as a whole in a systemic perspective. We assume the extreme importance of an articulated understanding of scientific content to facilitate its meaningful learning. Then, the present research intends to investigate how the concept of breathing has been understood by biology undergraduates (who have already attended the courses related to the specific contents), considering a meaningful understanding of biological phenomena will impact positively on their teaching. Parking lot conceptual maps using a kit containing words and figures (systems, organs and cells) related to the phenomenon were used as tools to perform the proposed analysis. In parallel, the researcher developed activities to reorganize her own conceptual knowledge about a systemic view of the content "breathing". Three successive concept maps were developed and followed by the construction of a fourth map, containing the same elements delivered to the undergraduates to check if the information provided to them would be sufficient for the systemic construction of the concept on screen. This map was used as reference for analyzing the maps produced by the trainees. This analysis showed that even the students near to the end of the course degree, most did not demonstrate extensive knowledge of content worked in any of the perspectives studied: cartesian, systemic or cognitive flexibility. Considering the researcher was observed the evolution of a fragmented and disjointed approach on the concept of breath to an articulated and systemic view. This result suggests the possibility of concept maps be used as a tool for assessing learning in training and to support teachers' development program.

Keywords: breath, cognitive flexibility, concept formation, conceptual maps, systemic vision.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Representação da “travessia da paisagem” utilizando o Rio Capibaribe como analogia. ...	40
Figura 2 - Representação dos mini-casos a partir dos manguezais do Rio Capibaribe.....	41
Figura 3 - Representação dos mini-casos a partir do caso Passo Alfândega Capibaribe.....	42
Figura 4 – Aspectos da respiração no macro e micro universos .....	46
Figura 5 - Representação esquemática dos aspectos abordados na pesquisa. ....	62
Figura 6 - Concepção geral de um mapa conceitual segundo a proposta de Novak.....	69
Figura 7 - Representação de mapa conceitual com base em uma perspectiva cartesiana .....	70
Figura 8 - Representação fragmentada da respiração (MCP-1).....	73
Figura 9 – Fragmentação dos aspectos macro e microscópicos da respiração (MCP-1).....	76
Figura 10 – Elementos e processos dos sistemas orgânicos (MCP-1) .....	77
Figura 11 – Elementos do sistema digestório e processo digestivo (MCP-1) .....	78
Figura 12 – Célula como um elemento isolado (MCP-1) .....	81
Figura 13 - Etapas dos processos celulares da respiração (MCP-1) .....	82
Figura 14 - Relações da ATP, do O <sub>2</sub> e do CO <sub>2</sub> com a respiração (MCP-1).....	86
Figura 15 – Cartesianismo <i>versus</i> Complexidade .....	89
Figura 16 – Representação sistêmica da respiração (MCP-2) .....	90
Figura 17 - Aspectos da articulação envolvendo sistemas, células e tecidos (MCP-2) .....	92
Figura 18 - Representação do sistema nervoso na respiração (MCP-2) .....	93
Figura 19 - Representação da ampliação do sistema digestório (MCP-2) .....	94
Figura 20 - Conexões entre o sistema cardiovascular e a respiração (MCP-2) .....	95
Figura 21 - Sistema respiratório e devolução de água para o meio (MCP-2) .....	96
Figura 22 - Representação do contexto genérico da célula (MCP-2).....	97
Figura 23 - Representação das etapas da respiração (MCP-2) .....	99
Figura 24 - Representação da síntese de ATP (MCP-2) .....	101
Figura 25 - Formas de utilização da energia (MCP-2).....	102
Figura 26 - Relações de troca entre indivíduo e meio ambiente (MCP-2).....	103
Figura 27 - Representação sistêmica da respiração (MCP-3).....	106
Figura 28 - Representação sistêmica dos processos digestórios.....	108
Figura 29 - Articulação do sistema cardiovascular no contexto da respiração (MCP-3).....	109
Figura 30 - Representação dos sistemas respiratório e excretor (MCP-3) .....	110
Figura 31 - Recorte do comando nervoso no contexto da respiração (MCP-3) .....	111
Figura 32 - Elementos de transição entre o macro e o micro universos (MCP-3).....	113
Figura 33 - Articulação da célula no contexto da respiração (MCP-3) .....	115
Figura 34 - Órgãos anexos, enzimas digestivas e hormônios no controle da glicemia.....	116
Figura 35 - Etapas da respiração celular .....	117
Figura 36 - Relações entre energia e organismo.....	119

Figura 37 - Relações de trocas entre respiração e meio ambiente. ....	120
Figura 38 - Quarto mapa da pesquisadora (MCP-4).....	132
Figura 39 - Construção do mapa em uma perspectiva de sistemicidade (MCE-12) .....	147
Figura 40 - Representação dos fenômenos digestório envolvidos na respiração (MCE-12) .....	149
Figura 41 - Participação do sistema cardiovascular na respiração (MCE-12).....	150
Figura 42 - Articulação do sistema nervoso com os eventos da respiração (MCE-12).....	151
Figura 43 - Representação do ciclo de Krebs e da CTE (MCE-12).....	152
Figura 44 - Representação da CTE (MCE-12).....	153
Figura 45 - Representação do MCE-8 em um caráter de sistemicidade (MCE-8) .....	154
Figura 46 - Representação do arquivo morto – Palavras e Figuras (MCE-8) .....	156

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Categorias de análise do perfil conceitual de respiração .....	43
Quadro 2 - Aspectos macroscópicos da respiração (MCP-1).....	74
Quadro 3 - Categorização da transição entre o macro e o micro universos (MCP-1).....	79
Quadro 4 - Categorização dos aspectos microscópicos das relações sistêmicas (MCP-1).....	80
Quadro 5 - Relações sistêmicas entre a energia e o organismo .....	87
Quadro 6 - Articulação do indivíduo com o meio ambiente .....	87
Quadro 7 - Aspectos macroscópicos das relações sistêmicas da respiração (MCP-2) .....	91
Quadro 8 - Aspectos macro e microscópicos envolvidos na respiração (MCP-2).....	97
Quadro 9 - Aspectos microscópicos das relações sistêmicas da respiração (MCP-2) .....	98
Quadro 10 - Relações sistêmicas entre energia e organismo .....	101
Quadro 11 - Articulação do indivíduo com o meio ambiente (MCP-2).....	102
Quadro 12 - Aspectos macroscópicos das relações sistêmicas da respiração .....	105
Quadro 13 - Aspectos macro e microscópicos da respiração .....	112
Quadro 14 - Aspectos microscópicos das relações sistêmicas da respiração .....	114
Quadro 15 - Relações sistêmicas entre energia e organismo .....	118
Quadro 16 - Articulação do indivíduo com o meio ambiente .....	120
Fonte: Dados construídos pela Autora.....	123
Quadro 18 - Aspectos macroscópicos observados (MCP-3 e MCP-4).....	129
Quadro 19 - Aspectos da transição entre macro e micro universos observados (MCP-3 e MCP-4) .	130
Quadro 20 - Aspectos microscópicos observados (MCP-3 e MCP-4).....	130
Quadro 21 - Relações sistêmicas entre energia e organismo (MCP-3 e MCP-4) .....	131
Quadro 22 - Articulação indivíduo - meio ambiente, (MCP-3 e MCP-4) .....	131
Quadro 23 - Comparativo do aspecto macro entre MCP-4 e MC dos licenciandos .....	140
Quadro 24 - Comparativo do aspecto micro entre MCP-4 e MC dos licenciandos .....	143
Quadro 25 - Comparativo dos aspectos macro-micro entre MCP-4 e MC dos licenciandos .....	145
Quadro 26 - Comparativo das relações sistêmicas energia-organismo entre MCP-4 e MC dos licenciandos .....	145
Quadro 27 - Articulação indivíduo-meio ambiente entre MCP-4 e MC dos licenciandos .....	146
Quadro 28 - Análise dos MC dos licenciandos com base nas fases de formação de conceito em Vygotsky (MCE-12 e MCE-8) .....	157

## SUMÁRIO

DEDICATÓRIA .....	v
AGRADECIMENTOS.....	vi
RESUMO .....	viii
ABSTRACT.....	ix
LISTA DE FIGURAS.....	x
LISTA DE QUADROS.....	xii
SUMÁRIO.....	xiii
INTRODUÇÃO.....	15
Objetivo geral.....	18
CAPÍTULO 1 - FORMAÇÃO DE CONCEITOS CIENTÍFICOS.....	20
1.1 Perspectiva sistêmica da formação de conceitos .....	22
1.1.1 Como formar conceitos sistêmicos.....	25
1.2 Formação de Conceitos em Vygotsky .....	26
1.3 A TFC apoiando a compreensão sistêmica .....	29
1.3.1 Conhecendo a teoria da flexibilidade cognitiva (TFC).....	30
1.3.2 Principais componentes da Teoria da Flexibilidade Cognitiva .....	37
1.3.3 O Estudo de respiração numa perspectiva sistêmica.....	42
1.4 Mapas conceituais no ensino-aprendizagem.....	53
1.4.1 Mapas Conceituais como ferramenta.....	54
1.5 Formando o formador .....	57
CAPÍTULO 2 – METODOLOGIA.....	60
2.1 Intervindo junto aos licenciandos: coleta e análise dos dados.....	63
2.1.1 Passos para a coleta diagnóstica de dados .....	63
2.2 Reorganizando o conhecimento: o processo da pesquisadora .....	64
2.2.1 Articulando o conhecimento .....	65
CAPÍTULO 3 – RESULTADOS E DISCUSSÃO I.....	67
3.1 Reorganizando os Conhecimentos: O Processo da Pesquisadora .....	67
3.1.1 Utilizando os MC na reorganização do conhecimento .....	68

3.1.1.1	Análise do 1º Mapa Conceitual da Pesquisadora (MCP-1).....	72
3.1.1.2	Análise do 2º mapa conceitual da pesquisadora (MCP-2).....	89
3.1.1.3	Análise do 3º mapa conceitual da pesquisadora (MCP-3).....	103
3.2	Apresentação e análise do 4º mapa da pesquisadora (MCP-4) .....	124
3.2.1	Análise comparativa entre o terceiro e o quarto mapa.....	128
CAPÍTULO 4 – RESULTADOS E DISCUSSÃO II.....		138
4.1	Análise da Avaliação Diagnóstica dos Licenciandos .....	138
4.1.1	Descrição e análise do mapa do estudante 12 (E-12) .....	147
4.1.2	Descrição e análise do mapa do estudante 8 (E- 8) .....	154
CAPÍTULO 5 - CONSIDERAÇÕES FINAIS .....		158
5.1	Considerações Sobre o Replanejamento do Estudo .....	158
5.2	O processo de auto-formação da professora-pesquisadora .....	159
5.2.1	O perfil da professora-pesquisadora .....	159
5.2.2	O trabalho de reconstrução dos conhecimentos da pesquisadora.....	161
5.2.3	Os MC na Formação continuada de Professores .....	162
5.3	O processo com os licenciandos .....	163
5.3.1	A entrevista .....	164
5.4	A Guisa de Conclusão .....	165
REFERÊNCIAS .....		166
APÊNDICE A – TCLE.....		172
APÊNDICE B – LISTA DE PALAVRAS PARA A CONSTRUÇÃO DOS MAPAS CONCEITUAIS EM <i>PARKING LOT</i> .....		173
APÊNDICE C – Lista de figuras para a construção dos mapas conceituais em <i>parking lot</i> .....		175
APÊNDICE D – Representação fragmentada da respiração (MCP-1).....		177
APÊNDICE E – Representação sistêmica da respiração (MCP-2) .....		178
APÊNDICE F – Representação sistêmica da respiração (MCP-3) .....		179
APÊNDICE G – Quarto mapa da pesquisadora (MCP-4) .....		180

## INTRODUÇÃO

Uma perspectiva em geral aceita é de que o futuro de um país depende da educação oferecida a seu povo. A prosperidade se dá, portanto, quando essa educação garante o acesso ao conhecimento e à cultura, preparando sua juventude para enfrentar as situações do cotidiano que tanto requerem o saber escolar. O Brasil tem se esforçado para superar as dificuldades acumuladas durante décadas, com o objetivo de expandir e melhorar a qualidade do ensino, baseando-se em avaliações como o PISA. No entanto, seja considerando este critério ou a própria observação das dificuldades dos aprendentes, tem-se avançado muito pouco neste quesito, pois as escolas, além das diversas dificuldades que enfrentam, ainda vivem presas a uma visão linear e tradicional no que se refere ao processo de ensino.

A escola deve integrar o aluno ao meio em que vive, para que este seja capaz de compreendê-lo e discuti-lo nas dimensões da cidadania e do trabalho. Os Parâmetros Curriculares Nacionais – PCN (BRASIL, 1999) apontam para as modificações necessárias no ensino, valorizando sua não-fragmentação e contextualização, quando explicam que:

Tínhamos um ensino descontextualizado, compartimentalizado e baseado no acúmulo de informações. Ao contrário disso, buscamos dar significado ao conhecimento escolar mediante a contextualização, evitar a compartimentalização, mediante a interdisciplinaridade e incentivar o raciocínio e a capacidade de aprender (p. 13).

Desta forma, a contextualização assume um significado fundamental na aquisição do conhecimento, o qual só terá validade se aplicável às necessidades do homem. No entanto, apesar das modificações sugeridas nos PCN (BRASIL, 1999), PCN+ (BRASIL, 2002) e Orientações Curriculares para o Ensino Médio – OCEM (BRASIL, 2006) e da necessidade de um ensino contextualizado, nos deparamos com uma realidade bem diferente: a escola ainda está presa a uma visão cartesiana, entendendo que a transmissão fragmentada dos conteúdos trabalhados durante um curso não interferirá no final, quando o indivíduo precisar compreender os fenômenos estudados como um todo, ou seja, de maneira sistêmica. Por alimentar essa crença, as práticas didáticas ainda são descontextualizadas e fragmentadas.

Essa descontextualização do ensino, presente nos vários níveis de escolaridade é acrescida de um acentuado grau de dificuldade em alguns conteúdos abordados em Biologia. Vários trabalhos têm constatado esta realidade ao longo das atividades desenvolvidas nos cursos de licenciatura (SÁ, 2007; PEREIRA, 2008), ou seja, onde são formados os professores, futuros multiplicadores desses conhecimentos, tornando esse problema ainda mais assustador. Essa conjunção de fatores vem se constituindo num forte obstáculo para a construção desses saberes, uma vez que os licenciandos tenderão a reproduzir os modelos tradicionais, através de um ensino também descontextualizado, fragmentado que conduz a aprendizagens pouco significativas.

O presente estudo buscou mapear as concepções de respiração, em uma perspectiva sistêmica, por licenciandos em Biologia que já tinham completado as disciplinas relacionadas aos conteúdos específicos, utilizando-se de mapas conceituais em *parking lot* (estacionamento de conceitos), como proposto por Novak e Cañas (2010). Tal abordagem envolve conceitos biológicos com alto grau de abstração e uma estrutura de nível avançado, característicos dos conceitos estudados por SPIRO & DESCHRYVER (s.d). Paralelamente a este mapeamento foi realizado um trabalho de reorganização conceitual dos conhecimentos da pesquisadora, que se deu através da construção de três mapas conceituais, sendo a construção do primeiro, o ponto de partida para este trabalho. Esta reorganização se fez necessária tendo em vista que para se analisar o conhecimento dos estudantes em uma perspectiva sistêmica fazia-se necessário à pesquisadora, ter também, uma visão sistêmica do conteúdo trabalhado (respiração).

Após o processo de reorganização do conhecimento, se fez necessária a construção de um quarto mapa, harmonizando as concepções da pesquisadora com os elementos entregues aos licenciandos (kit conceitual para elaboração do mapa conceitual em *parking lot*), O objetivo foi confirmar se os elementos oferecidos eram suficientes e adequados para a construção dos mapas conceituais em tela, de forma sistêmica. Este mapa foi utilizado como referencial para análise dos mapas produzidos pelos licenciandos.

Quando nos referimos a conteúdos submicroscópicos e de difícil compreensão, como os relativos à sequência dos eventos que ocorrem para a síntese de ATP,

comumente citado como “respiração celular”, sentimos uma necessidade muito grande de contextualização, fazendo referência a acontecimentos do desenvolvimento macroscópico como a “respiração pulmonar” e relacionando-os a eventos microscópicos para tentar construir um conhecimento acerca do conjunto de conteúdos envolvidos.

Esta pesquisa teve como objetivo investigar se os estudantes estabelecem relações entre os diversos sistemas do corpo (respiratório, digestório, cardiovascular, excretor e nervoso) com os processos da respiração celular; ou seja, até que ponto eles percebem essas relações dentro de uma visão sistêmica. E o que significa esse termo? Trata-se de uma concepção atual da Biologia baseada nos paradigmas da complexidade, na vertente da ecologia profunda, desenvolvida por Capra (2006, p.14), a partir de três pressupostos básicos:

1, o padrão básico de organização da vida é o de rede e de teia; 2, a matéria percorre ciclicamente a teia da vida; 3, todos os ciclos ecológicos são sustentados pelo fluxo constante de energia proveniente do Sol.

Assim, quanto a esta perspectiva, este estudo tem a finalidade de investigar se os licenciandos estabelecem relações sistêmicas entre os conceitos envolvidos na respiração (pulmonar e celular) e suas inter-relações, e se estes estão formados.

É de fundamental importância que a formação inicial e continuada do professor de Biologia propicie condições para que este compreenda a vida como uma manifestação de sistemas organizados. Tal característica o tornará capaz de estabelecer relações que lhes permitam reconhecer as ligações que existem entre os diversos sistemas, interagindo entre si (no macro e micro universos) e com o meio ambiente, para o funcionamento do organismo como um todo (homeostase). Para Capra (1996, p.46),

As propriedades das partes não são propriedades intrínsecas, mas só podem ser entendidas dentro do contexto de um todo maior. Desse modo o pensamento sistêmico é ao mesmo tempo um pensamento contextual.

Faz-se necessário que, atrelada à contextualização, se aplique a inter-relação das disciplinas nas situações diárias, pois só assim, favoreceremos uma visão geral de mundo para que o aluno possa agir de modo crítico e responsável (BASTOS *et al.*, 2000).

Vários temas pesquisados foram relacionados à formação de conceitos em diferentes áreas do currículo (Bioquímica, Genética e à interface da Biologia Molecular) e em diferentes níveis de escolarização (desde a Educação Básica até a Pós-Graduação *Stricto Sensu* nestas áreas): “Obstáculos à compreensão das leis de Mendel por alunos de Biologia na Educação Básica e na Licenciatura” (FABRÍCIO, 2005), “Ciclo celular: estudando a formação de conceitos no Ensino Médio” (LOPES, 2007), “Um estudo sobre a evolução conceitual de respiração” (SÁ, 2007), “Diagnóstico inicial das dificuldades de articulação e sobreposição dos conceitos básicos da genética utilizando jogos didáticos” (PEREIRA, 2008), entre outros.

Com base nestes estudos, pode-se observar que a descontextualização do ensino associada ao grau de dificuldade desses conteúdos, em sua maioria de natureza submicroscópica, onde a dificuldade de compreensão se torna ainda mais expressiva, tem-se constituído num obstáculo à formação desses conceitos.

Assim, levantamos as questões centrais desta pesquisa:

*Como o conceito de respiração é compreendido? É representado de forma sistêmica? Os mapas conceituais podem ser utilizados como ferramentas para apoiar essa diagnose? Podem ser utilizados no processo de reorganização conceitual?*

São, portanto, objetivos deste estudo:

### **Objetivo geral**

Investigar como estudantes e professores de Biologia compreendem e representam o conceito de respiração e as potencialidades dos mapas conceituais como ferramenta para possibilitar essa compreensão.

### **Específicos**

- Identificar as concepções da pesquisadora e de Licenciandos em Ciências Biológicas (7º período) sobre respiração;
- Identificar se os sujeitos (pesquisadora e licenciandos) estabelecem relações entre os sistemas (respiratório, cardiovascular, digestório nervoso e excretor) diretamente ligados à respiração e ao ambiente no qual estão inseridos;

- Verificar se os sujeitos estabelecem relações entre os diversos sistemas do corpo com os processos do metabolismo energético da célula;
- Identificar o tipo de relação que os sujeitos pesquisados estabelecem entre os sistemas citados, a respiração e o ambiente;
- Identificar a potencialidade dos mapas conceituais como instrumento para a formação sistêmica de conceitos abstratos e complexos na formação inicial e/ou continuada de docentes.

## CAPÍTULO 1 - FORMAÇÃO DE CONCEITOS CIENTÍFICOS

Ao longo da história, um dos objetivos da ciência é compreender os fenômenos da natureza, utilizando paradigmas que se aproximem da realidade para explicá-la.

Entre os paradigmas vigentes, o linear-cartesiano forma a base do empirismo. Vem sendo vivenciado na escola desde o século XVII, envolvendo a maneira de ser, de pensar e de agir das pessoas. Neste modelo, é aceito como certeza tudo que pode ser comprovado experimentalmente. Existe apenas uma realidade e esta deve ser entendida da mesma maneira por todos os indivíduos. Portanto, deve ser excluída qualquer forma de pensamento que revele outra versão desta mesma realidade. “Assim, desconsidera o subjetivo, o sensível e o mundo das percepções” (CARNEIRO-LEÃO, *et. al.*, 2009). Esta linha de pensamento tornou-se bastante significativa a partir das ideias de Descartes, nas quais, um fenômeno só pode ser analisado e compreendido se for reduzido às partes que o formam. O conhecimento exclusivo de cada parte dará conta da compreensão do funcionamento de um sistema como um todo.

Apesar destas características radicais, o pensamento linear é necessário e indispensável para a vida mecânica (abordáveis pelas ciências ditas exatas e pela tecnologia), onde o homem precisa dividir o “todo” em partes para a compreensão específica do conteúdo de cada uma delas. Porém, por considerar que apenas o conhecimento específico das partes é suficiente para a compreensão do sistema como um todo, esta linha de pensamento desconsidera que também precisa uni-las novamente e buscar a compreensão da totalidade e das ligações fundamentais do todo com as partes e das partes com todo. (MARIOTTI, 2000).

Deste modo, é importante o processo de divisão do “todo” para melhor compreender suas partes, porém a grande falha deste paradigma está em limitar-se em apenas dividir para compreender como funciona cada parte de um sistema, não se preocupa, portanto, em ligar o conhecimento vivenciado, no contexto do todo maior. Como exemplo, podemos mostrar que para se compreender bem todo o fenômeno da respiração, foi de suma importância que esta divisão acontecesse até chegar ao conhecimento das etapas que ocorrem na célula - Glicólise, Ciclo de Krebs e Cadeia

transportadora de elétrons (CTE) - no entanto, estes eventos por si só não explicam o panorama da respiração. Para que isso aconteça, é necessário que sejam feitas e mostradas às ligações destes com os inúmeros outros eventos que ocasionam este fenômeno.

O pensamento sistêmico surgiu no século XX, em contraposição ao reducionismo do pensamento linear. Este modelo de pensamento se adapta muito bem à área da Biologia e compreende um organismo vivo como um sistema. Sua grande contribuição está em buscar interligar as partes refazendo o conjunto, sem perder de vista todos os componentes que o constituem. Deste modo, a análise das partes separadamente se dá sem quebrar o elo com o todo. Enquanto o pensamento linear é estrutural, o pensamento sistêmico é não-linear, se baseia no estudo dos padrões, conjuntos e totalidades e se valoriza sempre a teia de relações que existe entre os vários aspectos e fenômenos de um sistema. Entre os expoentes que se dedicam a esta linha de pensamento, destaca-se o físico austríaco Fritjof Capra, que sistematizou os princípios do pensamento sistêmico (MARIOTTI, 2000).

O pensamento complexo baseia-se na obra de vários autores, entre eles, Edgar Morin, cujos trabalhos vêm tendo ampla aplicação em Biologia, Sociologia, Antropologia social e Desenvolvimento sustentado. Este modelo de pensamento trata a complexidade não como um conceito, mas como um fato da vida. Em sua proposta busca a harmonia entre razão e emoção, pensamento mecânico e pensamento sistêmico, pois resulta da complementaridade, do abraço dessas duas visões de mundo. O mundo natural se compõe por uma infinidade de sistemas que se entrelaçam em contínuas interações. Em conformidade com essa visão, o conhecimento das partes é tão importante como o estabelecimento de interrelações. Assim, compreende-se porque os sistemas biológicos requerem um estudo diferenciado, pois se faz necessário, simultaneamente, o conhecimento linear específico de cada área e o estabelecimento de relações intra e interáreas, envolvendo o macro e o micro universos (MARIOTTI, 2000).

Este trabalho discute uma mudança conceitual que envolve duas das linhas de pensamento que foram discutidas acima. Seu desenvolvimento ressalta um despreendimento do paradigma linear-cartesiano e se fundamenta no paradigma da sistemicidade - uma maneira de ver os fenômenos da natureza que se contrapõe a

vários aspectos do paradigma cartesiano - tendo em vista que busca interligar as partes, com o objetivo de refazer o conjunto, onde o sistema poderá ser compreendido em sua totalidade. Por apresentar tais características, suas contribuições tornaram-se o eixo central deste trabalho, tendo em vista que em seu desenvolvimento buscou-se interligar as partes (sistemas e reações) refazendo o conjunto estrutural e funcional (o fenômeno) que mostra o panorama da respiração em sua complexidade.

Para evitar confusões na leitura, é interessante esclarecer o sentido do termo complexidade usado em situações diversas durante a construção do trabalho.

Segundo o dicionário da língua portuguesa, (HOUAISS, 2004), o termo “complexo” se refere ao que se compõe de elementos diversos relacionados entre si. É importante ressaltar que a complexidade de alguns conteúdos confere, a estes, maiores dificuldades de serem compreendidos, por requererem um grau de abstração mais elevado. Por esta razão, Quando tratamos a respiração como um conceito complexo, não o fazemos apenas como sinônimo de dificuldade em ser compreendido, mas também pelo fato de ser um conceito que se sustenta em um emaranhado de outros diversos conceitos.

Para a Teoria da Flexibilidade Cognitiva (TFC), os domínios complexos são os conteúdos (temas) que têm muitos elementos interrelacionados e que não conseguem ser explicados pelo paradigma cartesiano. Isso acarreta problemas tanto para ensinar como para aprender, sendo comum a presença de lacunas conceituais e a ausência de interrelação entre os conhecimentos na vivência de novas situações. E, por fim, o termo pensamento complexo se refere à proposta de Edgar Morin, voltada para o paradigma da complexidade, ao qual não vamos nos prender.

### **1.1 Perspectiva sistêmica da formação de conceitos**

Olhar o mundo através de uma concepção sistêmica significa vê-lo em termos de relações e de integrações. Segundo Capra (2006, p.260) “todos os sistemas naturais são totalidades, cujas estruturas específicas resultam das interações e interdependência de suas partes”.

De acordo com a perspectiva sistêmica, um sistema pode se referir tanto a organismos vivos como a sistemas sociais. Em ambos os casos, significa existir um todo integrado no qual as propriedades essenciais surgem das relações existentes entre suas partes. No entanto, os organismos vivos possuem uma característica de natureza hierárquica que é a capacidade de formar, em muitos níveis, sistemas dentro de sistemas. Cada um desses sistemas forma um todo com relação às suas partes enquanto que é, ao mesmo tempo, parte de um todo maior. Um exemplo disso é a combinação que existe entre as células para formar os tecidos, os tecidos para formar os órgãos e destes para formar os organismos que fazem parte de um meio social situado em um ecossistema (CAPRA, 2002).

Observa-se, portanto, que as interações entre os sistemas se dão de maneira intrínseca: um sistema depende do outro para funcionar harmonicamente e existe como um todo feito de partes interligadas. Esta é a base da ideia de “rede” ou “teia”, onde os sistemas interligados apresentam características em níveis de complexidade diferentes. Quando um fenômeno é compreendido dentro de um contexto em termos de relação e conexão, essa compreensão se dá de maneira sistêmica. Segundo Capra (1996, p.40):

As propriedades essenciais de um organismo ou sistema vivo são propriedades do todo, que nenhuma das partes possui. Elas surgem das interações e das relações entre as partes.

Portanto, essas propriedades não sobrevivem quando o sistema é separado em elementos isolados – o que explica porque a natureza do todo é muito diferente da soma de suas partes. Este pensamento em que o comportamento de um sistema complexo pode ser entendido a partir das propriedades de suas partes se refere a uma perspectiva do paradigma cartesiano, que trata da abordagem analítica, onde para se conhecer o todo se faz necessário, primeiro, a análise de suas partes separadamente (CAPRA, 1996).

Ao contrário do pensamento cartesiano, na percepção sistêmica as propriedades das partes não são propriedades intrínsecas, mas só podem ser entendidas dentro do contexto do todo mais amplo. Segundo Capra (1996, p. 41) “o pensamento sistêmico é contextual, o que é o oposto do pensamento analítico”.

Observa-se, no entanto, que na concepção sistêmica o grande critério é poder transitar entre as partes e para o todo, pois os sistemas vivos são vistos como totalidades integradas cujas propriedades não podem ser reduzidas às partes constituintes. As propriedades essenciais de um sistema são propriedades do todo, que se destroem com a dissecação de suas partes.

A riqueza do pensamento sistêmico está na capacidade de deslocar a própria atenção de um lado para o outro entre os vários níveis sistêmicos, sendo esta, uma característica extremamente necessária, uma vez que no mundo vivo é comum encontrarmos sistemas contidos em outros sistemas. Na visão sistêmica compreende-se que os objetos são redes de relações embutidas em redes ainda maiores, portanto, as relações que existem entre os objetos que compõem essas redes são fundamentais.

A principal propriedade de uma trajetória em rede é a sua não linearidade, podendo se estender em todas as direções, pois as relações se dão em um padrão de rede. São relações onde as mensagens ou influências podem viajar ao longo de um caminho circular. Segundo Capra (1996, p.78): “O padrão da vida, poderíamos dizer, é um padrão de rede capaz de auto-organização”. Esse padrão de rede se expande em todas as esferas de um sistema. Olhando para a natureza cíclica dos sistemas ecológicos observam-se fortemente os laços de realimentação constituídos por vias ao longo das quais os nutrientes são continuamente reciclados, seja no ciclo da matéria, seja no fluxo de energia. A própria matéria que forma os organismos vivos também sofre um constante processo de reciclagem, visto que os átomos que constituem um organismo vivo hoje são provenientes de organismos passados e farão parte de organismos futuros, dadas as relações estudadas nas teias alimentares (CAPRA, 1996).

Um ecossistema é um sistema aberto com relação ao fluxo de energia, cuja fonte básica é o sol. Quando chega à Terra, essa energia se transforma em energia química através da fotossíntese que ocorre nos organismos verdes, sendo estes organismos os responsáveis em repassá-la para outros seres vivos, via teias alimentares, que a transformarão nas diversas formas de energia que existem, acionando, deste modo, a maioria dos ciclos ecológicos (CAPRA, 2006).

Morin (2001), ao referir-se ao pensamento complexo (próprio do paradigma da complexidade), esclarece que é necessário se conhecer o “todo” de modo contextualizado para depois se conhecer as partes. Portanto, para se ter um conhecimento sobre os eventos que ocasionam a respiração se faz necessário conhecer todos os aspectos - estrutural e funcional - macro e microscópicos referentes a este processo, de uma maneira sistêmica.

### **1.1.1 Como formar conceitos sistêmicos**

Em nossa concepção, formar conceito sistemicamente requer uma comunicação entre teorias ou princípios que venham subsidiar uma maneira articulada de construir e de compreender conhecimentos que se interligam para explicar um fenômeno. No nosso caso, torna-se bastante pertinente um diálogo entre alguns pontos da Teoria Sócio-Interacionista de Vygotsky e a Teoria da Flexibilidade Cognitiva de Spiro. As duas perspectivas enfocam a formação sistêmica de um conceito como uma associação entre novas informações, e os conhecimentos cotidianos do estudante. Pois, esta interação pode facilitar a compreensão de mecanismos favoráveis à construção do conhecimento científico.

O processo cognitivo que promove a mudança conceitual tem sido estudado por vários pesquisadores que tentam explicar as possíveis relações que existem entre as novas informações e aquelas preexistentes na estrutura cognitiva do estudante e que podem facilitar a compreensão de mecanismos favoráveis à construção do conhecimento científico. Numa perspectiva de ensino construtivista (MORETTO, 2000) traz que é fundamental compreender os conceitos cotidianos construídos pelos alunos, fazer uma ligação desses conhecimentos com o processo de formação de novos conceitos relativos ao conhecimento científico e realçar esses conhecimentos entre si em uma perspectiva de sistemicidade.

A psicologia cognitiva aponta a aprendizagem como um processo de construção interna e que não acontece através da transmissão de conhecimentos feita pelo professor. Segundo Schnetzler (1992, p. 17), o aluno aprende por “um processo seu, idiossincrático próprio, de atribuição de significado que resulta na interação de novas ideias com as que já existem na sua estrutura cognitiva”. Paralelamente, Carretero (1997) alerta para a atenção que o professor deve ter em relação às ideias estabelecidas sobre diversos fenômenos que o aluno já possui.

É através dos conceitos cotidianos que os alunos explicam os fenômenos ao seu redor e compreendem a realidade. Ao entrar em contato com o conhecimento científico, em geral, apresentam resistência à mudança, vindo à tona as concepções que possuem relativas a estes conceitos. Reforçando esta ideia, Carretero (1997, p. 68) afirma que os conceitos cotidianos “constituem verdadeiros marcos de referência, elaborados durante o desenvolvimento cognitivo e cuja transformação requer uma intervenção estruturada e sistemática do professor”.

Dentro de uma visão construtivista é importante conhecer a relação existente entre o conhecimento que se tem de como o aluno aprende e o que se pode fazer para auxiliar novas aprendizagens. Devemos, portanto, levar em consideração os conceitos cotidianos do aluno, pois a partir deles podemos construir um trabalho visando facilitar essa aprendizagem. Sobre essa visão construtivista, Coll (1990) conclui que:

A aprendizagem de um novo conteúdo é, em última instância, produto de uma atividade mental construtivista realizada pelo aluno, atividade mediante a qual constrói e incorpora à sua estrutura mental os significados e representações relativos ao novo conteúdo (p. 61).

O professor, além de buscar no aluno os conceitos cotidianos relativos a determinados conhecimentos, deve torná-lo participante ativo na construção dos novos conceitos e conscientizá-lo da responsabilidade que possui em assumir seu aprendizado.

Schnetzler (1992, p. 190) afirma que “a aprendizagem de ideias científicas implica a ocorrência de mudança conceitual. O ensino de Ciências, longe de centrado na simples transmissão de informações, deve ser concebido e desenvolvido como um processo que visa promover tal mudança”. Assim, a insatisfação do aluno com relação aos seus conhecimentos cotidianos deve ser aproveitada pelo professor como um incentivo para desencadear um conflito que gere a necessidade de uma nova aprendizagem e, conseqüentemente, conduza a uma evolução conceitual.

## **1.2 Formação de Conceitos em Vygotsky**

Vygotsky (2005) enfatiza os mecanismos do desenvolvimento cognitivo embasado em uma perspectiva social e desenvolveu alguns trabalhos experimentais para

observar a dinâmica do processo de formação de conceitos. Nestes trabalhos foram estudadas mais de trezentas pessoas entre adultos, crianças e adolescentes.

Sobre a gênese dos conceitos, relata que estes se formam e se desenvolvem sob condições internas e externas totalmente diferentes, dependendo do fato de se originarem do aprendizado em sala de aula ou da experiência pessoal do indivíduo. Os motivos que induzem o indivíduo a formar os dois tipos de conceitos não são os mesmos. A mente se defronta com problemas diferentes quando assimila os conceitos na escola e quando é entregue aos seus próprios recursos (VYGOTSKY, 1999).

Três pilares apoiam a teoria de Vygotsky: o primeiro diz que os processos mentais do indivíduo se originam de processos sociais; o segundo diz que os processos mentais superiores só podem ser entendidos quando são compreendidos primeiramente os signos e os instrumentos que os mediam; e, o terceiro, trata do método genético experimental utilizado na análise do desenvolvimento cognitivo do indivíduo (MOREIRA, 1999).

Vygotsky (2005) classificou o processo de formação de conceito de duas maneiras. Sendo, portanto, os conceitos decorrentes da experiência pessoal do indivíduo, **os conceitos cotidianos** e, os elaborados a partir da experiência escolar, **os conceitos científicos**. Em seus estudos voltados para a formação dos conceitos científicos, o teórico identifica importantes implicações para a educação e afirma: “descobrir a complexa relação entre o aprendizado e o desenvolvimento dos conceitos científicos é uma importante tarefa prática” (VYGOTSKY, 1999, p. 109).

Segundo Vygotsky (1999, p. 72) “para se iniciar o processo é necessário confrontar o sujeito com a tarefa”. Os meios oferecidos para a solução do problema devem ser moderadamente introduzidos no processo. Também é explicada a importância de considerar o uso do signo, ou palavra, como mediadores dos processos mentais estabelecidos para a solução do problema tendo em vista que a existência do problema por si só não pode ser considerada a causa do processo (VYGOTSKY, 2005).

Para Vygotsky (2005) a formação do conceito não é isolada e imutável, mas constitui-se uma parte ativa do processo intelectual que se propõe à serviço da

comunicação, da compreensão e da solução de problemas. O meio cultural é visto como um fator de estímulo para o desenvolvimento intelectual considerando, portanto, o processo de formação de conceito como uma função de crescimento social e cultural do adolescente que contribui para o seu raciocínio (NUÑEZ, 2004).

Para Vygotsky (2005, p. 170): “O conceito é impossível sem palavra, o pensamento em conceito é impossível fora do pensamento verbal”. O processo de formação do conceito é mediado por uma operação mental orientada por palavras (signos e símbolos linguísticos) e se dispõe a um processo evolutivo que se dá em três fases principais: agregação desorganizada, pensamento por complexo e pensamento por conceitos. O pensamento por complexo sofre subdivisões conforme pode ser visto a seguir.

A) Agregação desorganizada: Esta fase é caracterizada pelo agrupamento de objetos desiguais sem qualquer fundamento. Os fatores perceptuais são relevantes para a escolha dos objetos e revela-se o sincretismo. É dividida em três estágios: tentativa e erro, organização do campo visual e nova agregação sincrética;

B) Pensamento por complexo: A associação entre os objetos se dá não apenas devido às impressões subjetivas do indivíduo, mas também devido às relações que existem de fato entre esses objetos. Para esse estágio de desenvolvimento foram classificados cinco tipos básicos de complexos (VYGOTSKY, 2005):

Complexo do tipo associativo – Neste tipo de complexo a ligação entre o núcleo e o outro objeto não precisa ser uma característica comum. O indivíduo acrescenta ao objeto nuclear um ou outro objeto que tenha a mesma cor, forma, tamanho, ou qualquer atributo que lhe chame a atenção.

Complexo tipo coleções – Consiste na combinação de objetos com características diferentes, porém, complementares entre si. A associação pelo contraste e não pela semelhança orienta na montagem de uma coleção.

Complexo em cadeia – Não existe preocupação em conectar os elos numa corrente nem em hierarquizá-los não havendo, portanto, coerência quanto ao tipo de conexão ou quanto à maneira pela qual o elo da cadeia se articula com o que o precede e com o que vem a seguir.

Complexo difuso – Os objetos com percepções concretas são agrupados através de conexões difusas e indeterminadas, formando um complexo indefinido e sem limites.

Pseudoconceito – O agrupamento entre os objetos se dá de forma associativa e não com base em conceitos abstratos. A generalização formada neste aspecto pode parecer igual ao conceito propriamente dito, no entanto é psicologicamente diferente.

C) Pensamento por conceitos: Nesta fase há o surgimento de novas formações no desenvolvimento mental. Para se formar um conceito é necessário ir além da capacidade de unificação, ou seja, é necessário abstrair, isolar elementos e examiná-los separadamente do universo concreto do qual ele faz parte. No processo de formação de conceito a união dos elementos é tão importante quanto a separação. A síntese e a análise se completam.

Seguindo-se ao desenvolvimento da abstração, observa-se uma etapa denominada por Vygotsky como “conceitos potenciais”, pois se baseia no isolamento de certos atributos comuns e antecedem os verdadeiros conceitos.

Existem diferenças entre o pensamento por complexo e o pensamento por conceito. Segundo Vasconcelos e Valsiner (1995), na formação por complexo notam-se várias relações entre os objetos, enquanto que na formação por conceito existe uma relação abstrata e unitária entre os objetos.

### **1.3 A TFC apoiando a compreensão sistêmica**

Os princípios desta teoria se voltam para um nível elevado do conhecimento e buscam, com seus recursos, tornar acessível a aquisição de um dado conhecimento através da compreensão estruturada de sua complexidade. Compreender a complexidade de um tema implica na compreensão dos vários conceitos que subsidiam esse tema e que, conseqüentemente, dão um elevado grau de dificuldade ao mesmo. Deste modo, para se compreender a respiração em uma perspectiva de sistemicidade, se faz necessária a compreensão dos múltiplos conceitos envolvidos que confirmam o caráter de complexidade deste conhecimento.

### 1.3.1 Conhecendo a teoria da flexibilidade cognitiva (TFC)

A TFC não se aplica a qualquer nível de conhecimento, pois seus princípios são adequados para a aquisição de conhecimentos de nível avançado, em domínios complexos e pouco-estruturados. Esta teoria surgiu, nos Estados Unidos, quando o professor Rand Spiro foi convidado para analisar a causa de inúmeros processos gerados por negligência médica. Ele e sua equipe escolheram, para estudo, o ataque cardíaco por ser a segunda causa de morte cardiovascular. Após analisar a situação, constataram a dificuldade que os estudantes de medicina tinham em transferir os conhecimentos adquiridos durante as aulas para novas situações. Verificaram, nesses alunos, uma grande tendência para desenvolverem erros na compreensão dos conceitos trabalhados (SPIRO *et al.*, 1988; COULSON *et al.*, 1989; e FELTOVICH *et al.*, 1988;). Para Feltovich *et al.*, (1988) esses erros eram de incompreensão específica e de enviesamentos que impediam a compreensão e a interiorização correta da complexidade destes conceitos.

Esses estudos também constataram que o tratamento simplificado para situações complexas resultou em concepções alternativas que reforçaram as compreensões enganosas que se repetiam e originavam outras concepções alternativas, em um processo de cadeia. Essas concepções alternativas se desenvolvem baseadas em três causas:

1. Multiplicidade – Existem várias influências que colaboram para a formação das concepções alternativas e estas podem estar ligadas diretamente ao aluno, ao processo educativo, ou à prática de investigação em medicina;
2. Interdependência – Uma vez formadas, as concepções alternativas tendem a se espalhar em um processo de rede de erros que se alimentam e se suportam;
3. Exagero de simplificação – a simplificação de conceitos e de fenômenos complexos mostra-se como um campo muito fértil para a formação e manutenção das concepções alternativas.

Deste modo, o exagero na simplificação dos fenômenos complexos tem uma grande responsabilidade na deficiência da compreensão desse conceito em um nível avançado (SPIRO, 1992).

Segundo Spiro (1988) existem dois domínios do conhecimento: um bem estruturado e outro pouco estruturado. Os domínios bem estruturados se caracterizam por serem analisados mais facilmente de acordo com determinados princípios e isso se dá devido à regularidade presente quando aplicado a situações diversas (SOUSA, 2004). Esta teoria tem como objetivo a transferência de conhecimentos complexos e pouco-estruturados para novas situações. Os domínios complexos e pouco-estruturados se caracterizam pela falta de regras ou princípios gerais que se apliquem aos casos concretos, isso se dá por diversas causas: uma seria o fato de esses conceitos apresentarem significados diferentes quando colocados em situações diversas; outra seria a interação entre os vários conceitos permitirem a descoberta da novidade presente no estudo (CARVALHO, 2000). A respiração é um excelente exemplo de um domínio complexo e pouco estruturado, devido à irregularidade dos conceitos e de como os princípios gerais serão aplicados em novas situações. Exige-se, assim, uma flexibilidade quanto ao conhecimento ancorado no cognitivo do indivíduo e do exercício a esse conhecimento.

Na construção do conhecimento, a flexibilidade torna-se imprescindível para o estudante poder transitar com o conhecimento adquirido por entre situações semelhantes ou diversas que ocasionalmente estejam inseridas dentro de um mesmo ou de diferentes contextos, onde haja a necessidade de sua aplicação. Isso fará a diferença. O aprendiz deixa de ser um mero reproduzidor do que foi transmitido, passando a ter o domínio profundo desse conhecimento, o que permitirá aplicá-lo com segurança em novas situações.

Segundo Carvalho (2000), os autores dessa teoria dividem a aquisição de conhecimentos em três níveis sequenciais: nível introdutório ou de iniciação; nível avançado e nível de especialização. Neste trabalho, o objetivo foi a análise do nível avançado. De acordo com os autores dessa teoria, existem diferenças significativas entre estes níveis de aquisição do conhecimento. No domínio de conhecimento de nível introdutório, o principal objetivo é uma exposição simplificada do conteúdo,

podendo-se exigir no máximo, dos estudantes, que tenham o reconhecimento desse conteúdo e que possam reproduzir este conhecimento.

### **Nível Avançado de Aquisição do Conhecimento**

A aquisição do conhecimento de nível avançado não se dá de maneira simplificada, requerendo, portanto, uma série de cuidados. Exige muito mais que uma rápida exposição do assunto. Neste nível deve-se atingir uma compreensão profunda do assunto para poder transferi-lo a outras situações de maneira flexível.

Uma abordagem simplificada poderá de início, enganosamente, “minimizar” a complexidade de um conhecimento, porém dificultará a sua aquisição posteriormente (SPIRO *et al.*, 1992). Para Feltovich *et al.* (1988) o estágio que caracteriza o nível avançado do conhecimento tem sido constantemente negligenciado, proporcionando graves consequências na aprendizagem principalmente quando são usados, nessa fase, os métodos da fase introdutória. Segundo eles, o excesso de simplificação do assunto na fase introdutória atrapalha a compreensão que o estudante deve alcançar na fase seguinte.

Nesta teoria são apontadas duas indicações para a aquisição de conhecimento de nível avançado: (a) exposição do aluno à complexidade desde o início e (b) utilização de analogias. Embora essa exposição inicial à complexidade abale as sensações de domínio e de satisfação dos estudantes, ajudará na compreensão profunda, característica da fase posterior. No que se refere às analogias Sousa (2004) menciona que estas podem ser de grande importância se forem usadas com o cuidado de realçar as semelhanças, as limitações e os fatos dessa analogia que possam ser enganosos quanto à situação analisada.

O tratamento simplificado que muitas vezes é dado aos conteúdos complexos, não se mostra eficiente em conduzir os estudantes a atingir o nível avançado de conhecimento. Os conteúdos complexos possuem muitas vezes, por trás sua aparência simples, um emaranhado de conceitos que os sustentam e que precisam ser entendidos em sua essência para que ocorra uma compreensão profunda desse conhecimento.

É interessante que o estudante seja exposto à complexidade desde o início, pois a simplificação de um assunto, bem como a metodologia de ensino tradicional, leva a abordagens monolíticas (SPIRO *et al.* 1988).

Completando este pensamento Carvalho (1998) trás:

Estas abordagens monolíticas do conhecimento não incrementam relacionar diferentes abordagens, deixando os alunos em dificuldades quando têm que executar testes em que lhes é exigida a transferência do conhecimento para novas situações e não uma simples reprodução do que foi aprendido (CARVALHO, 1998: 149).

Existem alguns princípios que são recomendados pelos autores dessa teoria para facilitar a aprendizagem de conteúdos complexos e pouco-estruturados (CARVALHO, 2000):

- Demonstrar a complexidade e a irregularidade do conteúdo;
- Utilizar múltiplas representações contemplando diferentes contextos;
- Centrar o estudo no caso;
- Enfatizar o conhecimento aplicado em vez do conhecimento abstrato;
- Construir esquemas que caminhem da rigidez à flexibilidade;
- Evitar a compartimentação de conceitos e casos;
- Orientar o estudante à participação ativa, suporte para lidar com a complexidade.

A flexibilidade cognitiva necessária à transferência de um conhecimento a novas situações pode ser desenvolvida à medida que o conteúdo for sendo trabalhado com múltiplas representações dos casos, evidenciando as diversas conexões existentes entre os conceitos presentes na situação.

### **As Analogias**

O uso de analogias pode ser uma excelente forma de conduzir os estudantes à aquisição de novos conhecimentos. Por isso, que se torna tão irresistível para um professor, na sua prática cotidiana, fazer uso desse instrumento. Isso acontece na tentativa de facilitar seu trabalho e também a compreensão do estudante em um determinado conteúdo. Porém, Feltovich *et al.* (1988) e Spiro *et al.* (1988), não negam a importância das analogias na aprendizagem mas, alertam para os cuidados

que se deve ter pois, o uso indevido das analogias pode resultar na formação de concepções alternativas.

Segundo Carvalho (1998), a analogia ajuda num nível inicial do conhecimento, quando ainda não se penetrou na complexidade, porém em uma fase posterior ela pode se revelar como sérios entraves a uma compreensão profunda e correta desse conhecimento.

Raramente uma analogia consegue transmitir todos os aspectos implicados num conceito e tem-se verificado a tendência para os alunos continuarem a limitar a sua compreensão aos aspectos presentes na analogia. (CARVALHO, 1998, p.150)

Como se pode perceber, nem sempre uma analogia pode facilitar a apreensão de um conhecimento. O uso incorreto induzirá o estudante a um entendimento de falsa simplicidade do conteúdo, impedindo-o de assimilar a complexidade do caso. Além disso, a forma como as analogias são utilizadas é que determina a maneira como os estudantes apreendem um conhecimento. Neste aspecto, é importante salientar que uma única analogia pode ser insuficiente para dar conta da complexidade de um conteúdo, uma vez que as analogias sempre apresentam aspectos que não são compreendidos, podendo ocasionar extrapolações omitindo aspectos fundamentais para a compreensão de um conceito.

Os autores da TFC propõem que na abordagem de um determinado conceito, se apresentem várias analogias com o objetivo de minimizar as possíveis incompreensões. Mencionam também que, no uso de cada analogia devem-se salientar os aspectos que caracterizem o conceito e os que não são contemplados ou os que surgem distorcidos (CARVALHO, 1998).

Assim, para garantir a compreensão de um conceito complexo pelo aprendiz é fundamental a utilização de várias analogias. É, também, essencial que o professor mostre os pontos positivos de cada analogia e não se esqueça de eliminar pontos que induzem a erros, chamando sempre a atenção dos estudantes para o que é ou não pertinente que seja captado.

Sousa (2004), parafraseando Spiro *et al.* (1988), diz:

Ao utilizarem-se múltiplas analogias, umas analogias completam as outras, e ajudam a corrigir informações que poderiam, conduzir a concepções alternativas. (SOUSA, 2004, p. 33).

Os conceitos compreendidos como difíceis precisam ser estudados através de várias analogias. A contribuição de cada uma proporcionará uma melhor compreensão do todo.

A tendência para a redução de aspectos importantes da complexidade é tratada pelos autores desta teoria como enviesamentos redutores. As concepções alternativas que se formam durante a aquisição de um conceito, têm origem nesses enviesamentos redutores, que mostram como consequências da simplificação a impossibilidade dos estudantes de compreender e lidar com a complexidade.

Segundo Carvalho (1998), a prática de apresentar assuntos complexos de um modo mais acessível, conduz a uma falsa ideia de simplicidade. Ao dividir-se o assunto em partes, perdem-se as propriedades que existem em um nível holístico e cria-se no aprendiz a impressão de que o estudo das partes separadamente dará conta da compreensão do todo. (CARNEIRO-LEÃO *et al.* 2009) trás que a fragmentação dos conceitos ocasionada pela estrutura curricular trabalhada nos cursos de Ensino Médio e de Graduação, dá ao estudante a compreensão de que conceitos que estão intimamente interligados, como os relativos a Biologia, a Bioquímica, a Genética, etc. não possuem nenhuma relação entre si.

Constituem enviesamentos que comprometem a compreensão de conteúdos complexos:

- A simplificação de estrutura complexa e irregular que trata as semelhanças superficiais de um caso como sendo uma característica unificadora, e os componentes que interagem entre si, como se fossem independentes;
- A confiança em uma única representação mental é inadequada para ser aplicada em fenômenos complexos;
- A rígida compartimentação do domínio que cria a impressão de que os aspectos que se mostram diferentes, dentro de uma situação, são completamente independentes;

- A confiança no processo do geral para o particular cria o entendimento de que durante a aprendizagem deve-se dar atenção demasiada às teorias e aos conceitos, deixando de lado a atenção que deve ser dada à estrutura do caso;

### **A flexibilidade cognitiva**

A flexibilidade cognitiva diz respeito à capacidade do indivíduo, diante de uma situação nova, de usar o conhecimento que possui relativo aquele contexto, para solucioná-la. Ou seja, reestruturar o conhecimento para aplicá-lo em contextos diversos.

A flexibilidade cognitiva resulta do modo como o conhecimento é representado. As múltiplas representações conceituais e as múltiplas “travessias das paisagens” possibilitam o seu desenvolvimento assim como, a análise de muitos casos, desenvolvendo a capacidade de construir esquemas. Segundo Spiro *et al.* (1988), O conhecimento que vai ser utilizado em diferentes situações precisa ser ensinado de diferentes modos.

A transferência de um conhecimento pouco-estruturado para novas situações depende da flexibilidade com que esse conteúdo está representado na memória e do domínio que o indivíduo tem sobre ele (CARVALHO 1998).

Spiro *et al.*, (1988) relatam em seus estudos que nos domínios complexos e pouco-estruturados que o conhecimento não pode ser tratado de modo mecanizado ou automatizado, devendo ser controlado de maneira flexível, pois as representações flexíveis, como o uso de casos, dão ao indivíduo mais condições de controle sobre o domínio do conteúdo.

Cada caso precisa ser decomposto e representado ao longo de várias dimensões que se sobrepõem ligeiramente (isto é, a mesma informação deve ser representada de muitas maneiras diferentes);

Muitas conexões devem ser estabelecidas ao longo dos fragmentos dos casos decompostos, estabelecendo possíveis percursos para reestruturações futuras e criando muitas analogias potenciais, úteis para compreender casos novos ou para fazer novas aplicações. É por esse motivo que se dá ênfase a conexões entre casos aparentemente diferentes. SPIRO *et. al.*, (1987, *apud* CARVALHO, 1998, p.170).

O conhecimento aprofundado de um domínio aumenta as possibilidades de se analisar um caso e transferir o conhecimento adquirido para novos contextos. (CARVALHO, 1998).

### **1.3.2 Principais componentes da Teoria da Flexibilidade Cognitiva**

#### **Casos e mini-casos**

Para a aplicação da TFC, se faz necessário o estudo de casos. Os casos trazem situações concretas onde é possível aplicar o conhecimento conceitual (CARVALHO, 2000). Um caso pode ser uma sequência de um filme, um capítulo de livro, ou um acontecimento que se aplique a um conhecimento conceitual (SPIRO *et al.*, 1988). Os casos não devem ser tratados como meras ilustrações de princípios abstratos, pois são extremamente importantes e necessários na aplicação dessa teoria. Além de uma rica fonte de aprendizagem, um caso também se constitui facilitador para a análise de novos casos.

Spiro *et al.*, (1988), relatam a importância de se estudar mais de um caso nos domínios pouco-estruturados, tendo em vista que o ganho de experiência durante essa múltipla análise facilitará a transferência para novas situações.

Pela complexidade que o constitui, um caso pode apresentar múltiplos significados. Por essa razão, cada caso deve ser “desmontado” em unidades menores, os mini-casos, para que possam ser valorizados aspectos que se perderiam no todo.

Os mini-casos são segmentos ou sequências de um caso que trazem alguma coisa da complexidade do caso, como os primeiros minutos de um filme, dois parágrafos de um capítulo. Por serem muito pequenos permitem um estudo rápido, porém devem ser bastante ricos para que possam ser vivenciados de acordo com vários temas.

#### **Temas**

Os temas possuem o conhecimento considerado necessário para interpretar os casos. Apresentam um importante papel na desconstrução dos mini-casos, uma vez que cada mini-caso necessita ser vivenciado de acordo com uma variedade de temas que lhes sejam aplicáveis, tendo em vista facilitar a aquisição de um

conhecimento profundo (CARVALHO, 1998). São necessários alguns cuidados durante a seleção dos temas, pelo limite em relação ao número a ser utilizado e pelas implicações que estes devem ter para a compreensão do conhecimento. Os conceitos selecionados devem ser críticos na compreensão de outros temas, aplicarem-se em situações diversas ou interagirem com outros conceitos (FELTOVICH *et al.*, 1988).

O ensino contextualizado dos temas conduz ao entendimento de que cada tema possui mais aplicabilidade em uma situação do que em outra. A desconstrução do mini-caso acontece através do estudo dos diferentes temas que lhes são aplicáveis. Deste modo, a posterior reconstrução destes mini-casos possibilita uma profunda compreensão do conceito vivenciado.

Segundo Carvalho (2000), a verificação das possibilidades de aplicação de múltiplos temas pelos estudantes, leva-os a compreender que a utilização de apenas um tema restringe a compreensão de um mini-caso. Neste mesmo contexto, Spiro e Jehng (1990) mencionam o fato de que se recorrer a vários temas para a compreensão de um mini-caso favorece a transferência, para novas situações, dos conhecimentos adquiridos.

### **Como deve ser conduzida a desconstrução dos mini-casos?**

Esse processo consiste na análise minuciosa do mini-caso através de vários temas que se aplicam, para em seguida ser reconstruído com uma nova e profunda compreensão (CARVALHO, 2000).

Para que haja uma profunda compreensão de um domínio, é necessário que este esteja minuciosamente desconstruído, para que durante o processo de reconstrução possam ser observados aspectos que não seriam captados no todo.

A flexibilidade cognitiva, só se dá quando o estudante compreende completamente um assunto adquirindo, dessa maneira, condições de aplicá-lo em situações novas, em novos contextos.

## **Travessia Temática Orientada**

A travessia temática orientada consiste em um processo complementar a desconstrução do mini-caso. Centra-se na seleção de um ou vários temas que possam ser aplicados em diversos mini-casos de diferentes casos. Durante essa travessia pelos casos, diferentes características são justapostas, de onde sobressaem aspectos dos mini-casos que estabelecem várias conexões entre eles e os diferentes casos estudados (SPIRO *et al.*, 1988).

A travessia de uma paisagem complexa põe o estudante em contato com a complexidade do assunto, onde a análise dos vários conceitos que o compõem, permitirá o entendimento das possíveis ligações destes dentro do contexto estudado e facilitará a transferência desse conhecimento para um novo contexto, sempre que necessário. Essa flexibilidade cognitiva adquirida possibilita ao estudante fazer uso desse conhecimento para resolver situações que venham a surgir no seu dia-dia.

A TFC se apoia na metáfora da travessia da paisagem em várias direções. Durante a travessia de uma paisagem, os mesmos pontos são constantemente abordados a partir de diferentes direções. (A figura 1 ilustra como seria esta travessia utilizando o Capibaribe). Segundo Carvalho (1998), ao se atravessar uma paisagem complexa em várias direções podem-se salientar as várias maneiras de aplicação de um tema e de criar diversas ligações entre mini-casos de casos diferentes.

Pode-se ver, na Figura 1, os vários aspectos do rio. Podemos considerar cada um deles, como um caso a ser estudado. Por exemplo, o manguezal da beira do rio (Figura 1B), pode ser considerado como um caso a ser estudado no contexto do Rio Capibaribe e que, por sua vez, pode ser dividido em diversos mini-casos. A Figura 2 vem ilustrar estes mini-casos: (a) a flora do manguezal, Figura 2A; (b) a fauna do manguezal, Figura 2B; (c) a população de caranguejos, Figura 2C e (d) a pesca de caranguejo, Figura 2D. Todos os aspectos mencionados podem ser considerados mini-casos, a serem estudados mantendo as ligações com o caso apresentado (o manguezal). Este por sua vez, mantém sua ligação com o tema em estudo, o Rio Capibaribe.

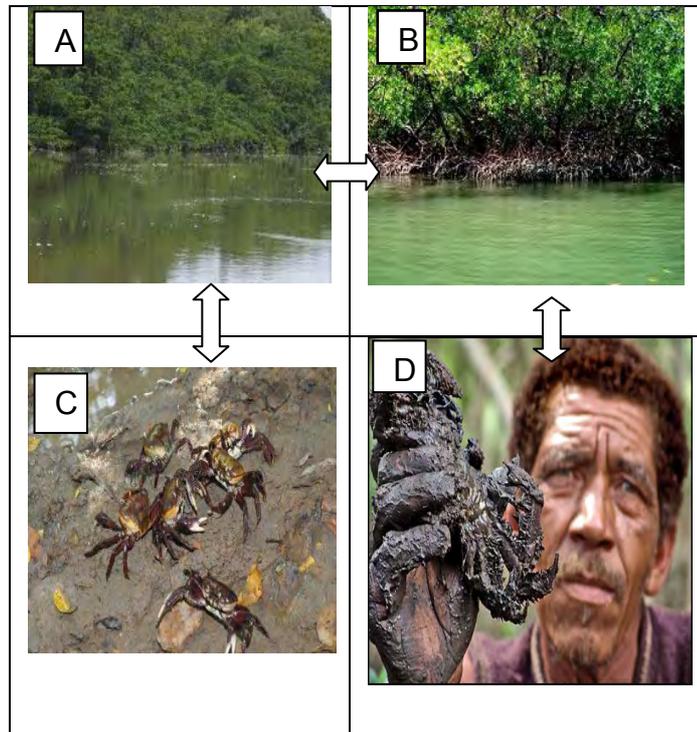
Figura 1 - Representação da “travessia da paisagem” utilizando o Rio Capibaribe como analogia.



Fonte: [www.agrestenoticias.com](http://www.agrestenoticias.com)

A, Aspectos da poluição do rio, caracterizado pela coloração avermelhada da água; B, manguezal, enquanto vegetação nativa observada nas margens do rio; C, construção (Paço Alfândega); D, representação cartográfica do curso do Rio Capibaribe; E, representação do curso do rio ao longo da cidade; F, Ponte Maurício de Nassau; G, casario da Rua da Aurora; H, visão área do centro do Recife.

**Figura 2 - Representação dos mini-casos a partir dos manguezais do Rio Capibaribe.**



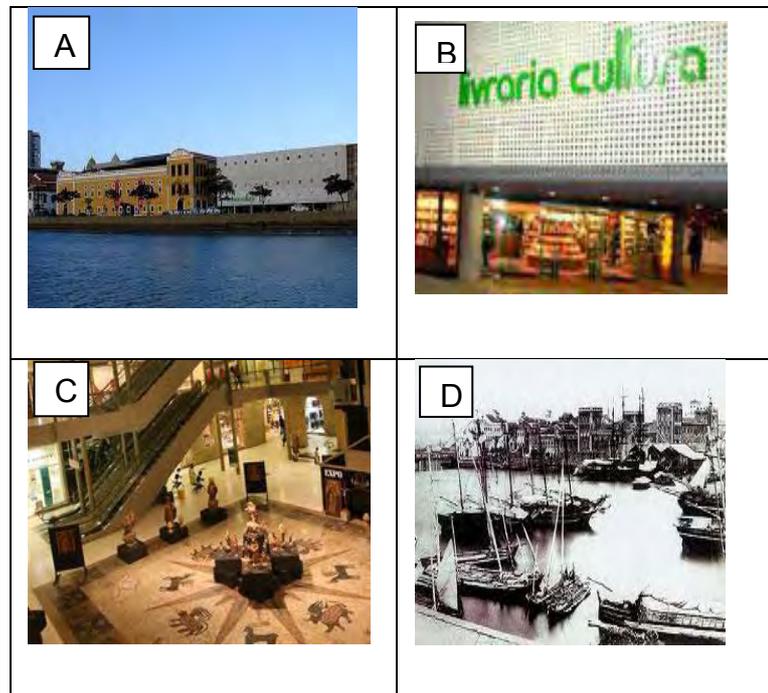
Fonte: [www.agrestenoticias.com](http://www.agrestenoticias.com)

A, a flora característica do manguezal; B, a fauna do manguezal; C, a população de caranguejos própria do manguezal; D, a pesca de caranguejo no manguezal.

Dando seguimento a travessia da paisagem, voltamos à figura 1 e em continuidade com o curso do rio, escolhemos o Paço Alfândega (Figura 1C), como outro aspecto (caso) do Rio Capibaribe, para analisar. A figura 3 vem ilustrar os mini-casos que podem ser explorados a partir deste aspecto trabalhado.

O caso referente ao Paço Alfândega, igualmente ao caso manguezal da beira do rio, pode ser dividido em vários mini-casos, como ilustrado na figura 3: (a) construção do Paço Alfândega, figura 3A; (b) Livraria Cultura, figura 3B; (c) espaço interno do Paço Alfândega, figura 3C; (d) região portuária próxima ao rio, figura 3D. Após a análise minuciosa de cada mini-caso, vendo as ligações que existem entre eles e o rio, podemos novamente voltar para a paisagem do Rio Capibaribe e continuar a travessia.

**Figura 3 - Representação dos mini-casos a partir do caso Passo Alfândega Capibaribe.**



Fonte: [www.agrestenoticias.com](http://www.agrestenoticias.com)

A construção do Paço Alfândega às margens do rio; B, Livraria Cultura; C, espaço interno do Paço Alfândega; D, região portuária próxima ao rio.

### 1.3.3 O Estudo de respiração numa perspectiva sistêmica

Ao longo da história, a ideia de respiração teve um trajeto evolutivo expresso através de diferentes concepções (vitalista, mecanicista, ultra-estrutural e sistêmica). Estas são classificadas por Sá (2007) como zonas do perfil conceitual de respiração (Quadro 1).

Para se compreender a respiração como um fenômeno sistêmico, torna-se importante antes de tudo, conhecer algumas concepções deste fenômeno trazidas na literatura atual.

O dicionário Houaiss (2004) designa respiração como:

Conjunto de ações que inclui a inspiração e expiração e assegura as trocas de oxigênio e gás carbônico entre a atmosfera e as células do organismo (p. 642).

Ou ainda como:

Processo metabólico no qual o oxigênio molecular é absorvido pelas células e usado na oxidação de moléculas orgânicas, resultando na liberação de energia para outros processos metabólicos e na eliminação de dióxido de carbono e água; respiração celular. (p.642).

**Quadro 1- Categorias de análise do perfil conceitual de respiração**

<b>Zonas do perfil de respiração</b>	<b>Características</b>
Vitalista	Tem sua origem nos séculos XVIII e XIX. Defende a ideia de que os seres vivos são controlados por um impulso vital de natureza imaterial. Doutrina da escola de Montpellier segundo a qual há, em todo indivíduo, um princípio vital que governa os fenômenos da vida.
Mecanicista	A Biologia Moderna, considera os seres vivos explicáveis por uma série de causas e efeitos de origem estritamente físico-química, dando continuidade à hipótese cartesiana de animal-máquina.
Ultra estrutural	Aprofundamento nos conhecimentos específicos na área de Biologia celular e Bioquímica, ultrapassando os aspectos possíveis de serem compreendidos através da microscopia ótica.
Sistêmica	Visão conspectiva, estrutural de um sistema; observado um sistema em seu conjunto, disposto de modo ordenado, metódico e coerente.

Fonte: Sá (2007, p. 100)

Amabis e Martho (2004), no trabalho de Biologia dirigido para o Ensino Médio, trazem que “O suprimento de gás oxigênio para as células e a remoção de gás carbônico ocorrem por meio da respiração, que consiste na realização de trocas gasosas com o ambiente”. Os autores complementam dizendo que a energia adquirida pelos animais para a realização das atividades vitais provém da respiração celular, processo de reação entre moléculas orgânicas e moléculas de gás oxigênio, originando água, gás carbônico e energia.

Nas citações acima, é clara a distinção que se faz entre os aspectos macro e microscópicos da respiração, sendo estes comumente tratados como se fossem fenômenos que ocorressem separadamente: “respiração” e “respiração celular”. Esta maneira cartesiana e tão comum na Biologia de tratar fragmentadamente aspectos que se sobrepõem no macro e no micro universos, tem dado margem ao surgimento de falsas concepções, por estudantes de vários níveis de escolaridade, relacionadas

a conteúdos complexos desta área do conhecimento. Para Carneiro-Leão *et al*, (2010):

A tentativa de articular os sistemas biológicos, de forma antropocêntrica e em ordem decrescente de dimensão (sistemas, órgãos, tecidos, células, organelas, macromoléculas, monômeros constituintes e, por fim, os átomos), reforça uma visão de linearidade, além de facilitar ainda mais a fragmentação curricular.

É interessante notar que esta fragmentação curricular sobrevive, apesar das recomendações trazidas com a promulgação da LDB (BRASIL, 1996) e das orientações disponibilizadas através dos Parâmetros Curriculares Nacionais-PCN (BRASIL, 1999), PCN+ (BRASIL, 2002) e Orientações Curriculares para o Ensino Médio-OCEM (BRASIL, 2006), e tem dificultado a compreensão contextualizada de conteúdos complexos que se interligam para explicar um fenômeno, como por exemplo, a participação de aspectos fisiológicos da digestão no contexto da respiração. A falta de articulação desses conceitos ocasiona uma fragmentação que separa de modo significativo a compreensão que envolve o ato de comer e o ato de respirar, como se as duas coisas pouco ou nada tivessem em comum.

Em estudantes que já vivenciaram conteúdos relativos à digestão e à respiração, são bastante comuns respostas onde expressam que comem para adquirir energia. E, quando questionados: Por que respiram? Respondem simplesmente: “Para ficar vivo”. Em comentários como este se observa a falta de entendimento de que para o organismo obter energia, se faz necessário a presença de nutrientes da alimentação, em especial a glicose, bem como do  $O_2$  do ar, ou seja, é necessário comer e respirar.

Esta desarticulação de que estamos tratando, torna-se ainda mais importante quando acontece com um fenômeno que precisa ser entendido, em sua continuidade, nas escalas do macro e do micro universos como, por exemplo, a absorção do  $O_2$  a partir do meio ambiente: o trajeto, a função e as reações desse gás no processo de transformação da energia no organismo, simultaneamente com a liberação do  $CO_2$  para o meio ambiente.

A articulação dos conhecimentos que sustentam o conceito de respiração é desfeita com a fragmentação dos conteúdos que tratam separadamente os aspectos macro e microscópicos da respiração, chegando a denominá-los de modo distinto,

“respiração pulmonar” e “respiração celular” como se fossem fenômenos diferentes. Deste modo, torna-se comprometido o entendimento de que o  $O_2$  que aparece no contexto macroscópico - penetrando no organismo pelas vias aéreas até os pulmões - é o mesmo que aparece no contexto microscópico - no interior das células participando como o acceptor final de elétrons.

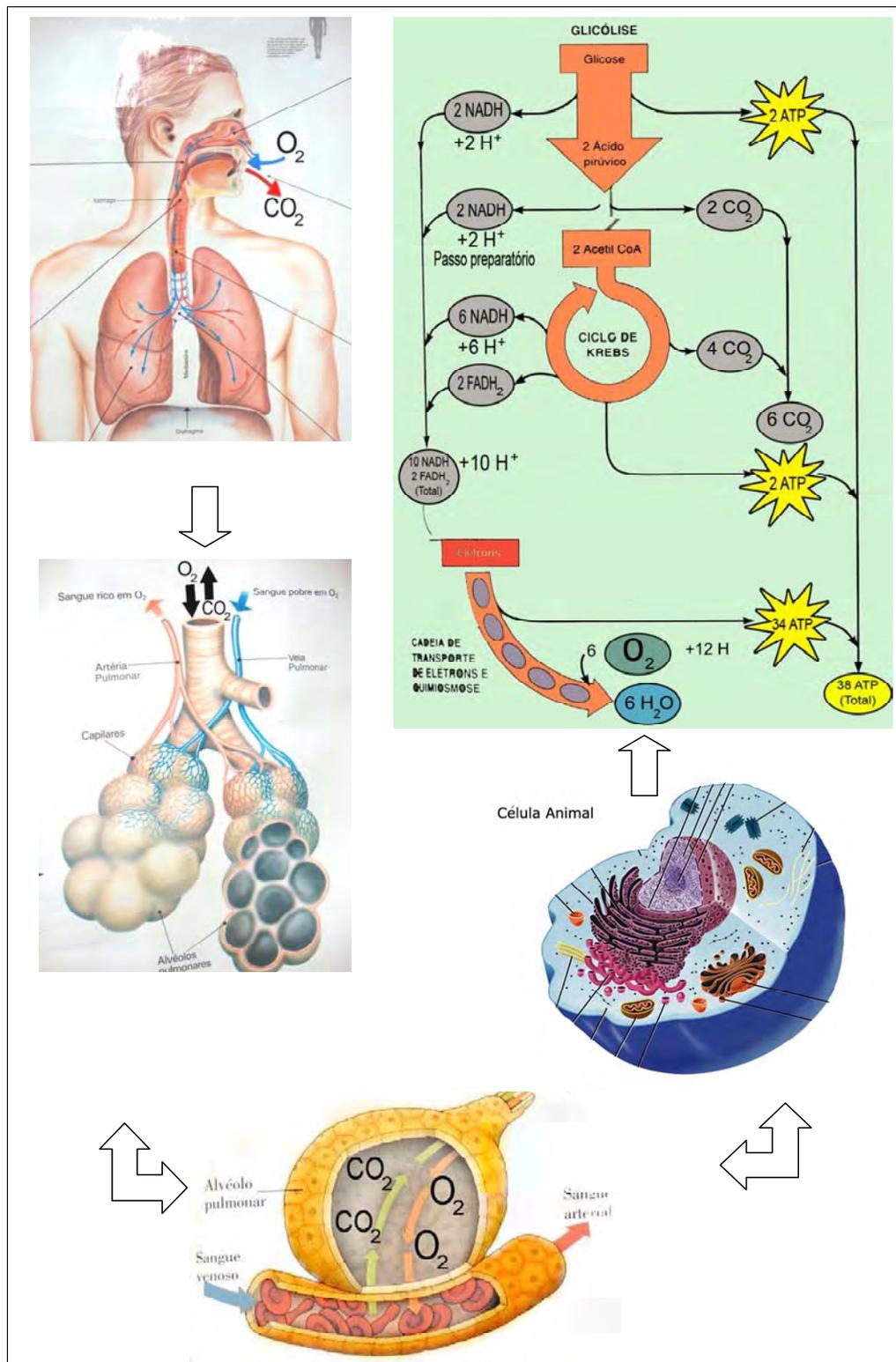
Os dois aspectos da respiração (macro e microscópicos) por serem simultâneos e contínuos, trazem características em comum: a troca de gases e a interação de uma unidade viva com o ambiente. Ou seja, no aspecto macroscópico as trocas de gases se dão entre os pulmões e o meio externo ao indivíduo (sendo este meio externo o próprio meio ambiente). No aspecto microscópico estas trocas continuam, sendo que se dão entre a célula (unidade viva) e o meio externo, ou seja, o meio intersticial onde todas as substâncias são conectadas pelos vasos capilares e linfáticos.

No organismo existem bilhões de células interagindo com o meio intersticial, retirando substâncias úteis ao seu metabolismo (exemplo, glicose e oxigênio) e devolvendo substâncias provenientes do trabalho celular como o gás carbônico que, por ser uma substância tóxica, não pode continuar no meio celular. A figura 4 vem ilustrar as trocas de gases que se dão em ambos os aspectos bem como, representar o percurso dos gases no organismo, o que caracteriza a respiração como um fenômeno único.

Ao contrário do que foi discutido sobre entendimento fragmentado, a respiração é um fenômeno único composto por inúmeras reações que se sequenciam do macro ao micro universo. O fenômeno é o mesmo, embora visto em escalas diferentes.

A complexidade conceitual envolvida no estudo da respiração advém da necessidade de gerenciar conceitos abstratos, de áreas de conhecimento diversas (por ex. bioquímica, fisiologia, anatomia...) de forma não fragmentada, ou seja, articulando os conhecimentos oriundos dessas várias áreas de forma a aplicá-los para a compreensão de uma situação contextualizada. A maior dificuldade reside na organização curricular (fragmentada em disciplinas estanques) e na forma habitualmente utilizada pelos professores de trabalhar as disciplinas de forma desarticulada.

Figura 4 – Aspectos da respiração no macro e micro universos



A, Inspiração - entrada e saída dos gases  $O_2$  e  $CO_2$  no organismo a partir do meio ambiente; B, entrada e saída dos gases nos alvéolos; C, Hematose – trocas de gases nos alvéolos; D, o meio celular onde ocorrem as etapas microscópicas da respiração; E, etapas microscópicas da respiração mostrando a produção do  $CO_2$  e a participação do  $O_2$  como aceptor final de elétrons.

A maneira como o conhecimento é apresentado torna-se uma condicionante da aprendizagem. Shirk (*apud* CARVALHO, 2000) considera que se o objetivo é percorrer determinada informação até encontrar o assunto pretendido, então esta deve ser apresentada numa hierarquia de referências cruzadas. Este entendimento de cruzamento da informação em várias direções, partilhado pelos autores da TFC, aplica-se muito bem à compreensão dos conceitos relativos à respiração numa visão sistêmica, tendo em vista que para que ocorra essa compreensão torna-se necessário fazer referência aos sistemas do organismo que estão diretamente envolvidos com os eventos da respiração (por exemplo, os sistemas cardiovascular, nervoso, digestório, respiratório e excretor) para em seguida mergulhar na desconstrução dos mini-casos.

Os conteúdos microscópicos vivenciados em Biologia, em especial os que se referem à transformação de energia como os relativos à respiração, estão entre os domínios complexos e pouco-estruturados estudados nesta área, pois: (a) estão caracterizados pela falta de regras ou princípios gerais que se apliquem aos casos concretos; (b) as relações hierárquicas de domínio e de subordinação são alteradas de caso para caso; (c) assumem diferentes padrões de significados quando colocados em situações diferentes (SPIRO *et al.*, 1987); e (d) as interações entre os diferentes conceitos (respiração, digestão, circulação, excreção e comando nervoso) permitem mostrar a participação dessas funções na produção de energia salientando sempre as novidades presentes no estudo. Há, portanto, necessidade de se demonstrar a complexidade e a irregularidade desse tema, evidenciando situações que parecem semelhantes, porém, quando analisadas se revelam completamente diferentes (CARVALHO, 2000). Um fato interessante a ser ressaltado refere-se à expressão “produção de energia”, frequentemente usada neste trabalho representando uma linguagem comum, como sinônimo de transformação de energia.

Em seus estudos Carvalho (2000) menciona que a TFC defende que a complexidade de um tópico (no nosso caso, a respiração) só será compreendida quando se fizerem múltiplos esboços contribuindo cada um para aclarar aspectos não perspectivados. Deste modo a riqueza de um subtópico, ilustrado neste trabalho pelos mini-casos: acidose respiratória (o mergulhador), hipoglicemia (o aviador), anemia ferropriva (o estudante), verminose (infestação por áscaris), verminose

(amarelão), transporte dos gases (enfisema pulmonar) não será mutilada, porque o seu conteúdo é visto por diferentes ângulos. Para se compreender a complexidade da produção de energia pelo organismo, se faz necessário, além da inclusão dos sistemas que dela participam diretamente, se fazer um esboço paisagístico que mostre as relações diretas existentes entre esses sistemas, e deles com a respiração.

Durante a análise de cada sistema (por exemplo, os sistemas respiratório, cardiovascular e digestório) serão vivenciados os diversos eventos que convergem à produção de energia como o transporte e difusão de gases, o aproveitamento de nutrientes advindos da digestão, as etapas da quebra da glicose, a síntese de ATP, etc. Deste modo, seguindo as recomendações da TFC, passamos a considerar a respiração dentro de uma perspectiva sistêmica como um caso que, pelas diversas situações em que se aplica, exige uma grande flexibilidade cognitiva para ser mais bem compreendido. Assim, escolhemos alguns exemplos de mini-casos que contribuirão para a compreensão da respiração em uma perspectiva sistêmica.

### **Mini-caso 1 – Acidose respiratória (o mergulhador)**

Um mergulhador, não muito experiente, decidiu fazer um percurso mais prolongado sob a água. Ao retornar à superfície, começou a respirar muito rápido. Após alguns segundos seu colega, que também mergulhava, percebeu que ele havia perdido os sentidos. Com a ajuda de outros mergulhadores, o retira da água. O que poderia ter causado o desmaio?

Mergulhar implica em alterar as relações de pressão sobre o tórax, o que dificulta a difusão de gases na região alveolar. Deste modo, a hematose prejudicada, favorece o aumento da concentração de  $\text{CO}_2$  no sangue. A concentração diminuída de  $\text{O}_2$  compromete seriamente a respiração celular, a qual requer glicose e  $\text{O}_2$  como substrato para as vias metabólicas envolvidas na transformação de energia e, conseqüentemente, na síntese de ATP e para o trabalho celular. Em paralelo, considerando a relação entre os sistemas, o aumento da concentração de  $\text{CO}_2$  pode levar à perda de consciência (desmaio) e aumento compensatório da frequência respiratória (hiperventilação), devido ao controle do sistema nervoso, realizado pelo bulbo, sobre a frequência respiratória. Neste caso, o desmaio corresponde a um

“desligamento” do sistema nervoso como forma de manter a integridade estrutural e funcional dos neurônios.

### **Mini-caso 2 - Hipoglicemia (o aviador)**

Um piloto de avião permaneceu 12 horas em jejum durante uma viagem. Quando desceu da nave não estava se sentindo muito bem e procurou tomar uma xícara de café. Explique o que pode ter acontecido com o piloto na ausência de alimento, tanto no que se refere ao plasma sanguíneo quanto ao metabolismo energético tecidual.

O jejum provoca a hipoglicemia - queda na taxa de glicose do sangue. Neste caso, existe a oferta normal de  $O_2$ , porém não existe a mesma oferta de glicose que é uma das “moedas” necessárias para a síntese de ATP. Deste modo, a etapa celular da respiração ocorrerá de modo deficiente e, para proteger a integridade das células e do organismo como um todo, ocorre uma resposta do sistema nervoso semelhante a que foi tratada no mini-caso anterior, o indivíduo terá vertigens ou mesmo desmaio.

### **Mini-caso 3 – Anemia ferropriva (o estudante)**

Um estudante, de poucas condições financeiras, procura o médico se queixando de fraqueza, cansaço e constante mal estar. Após uma investigação através de exames, os resultados indicam uma forte anemia ocasionada pela ingestão constante de uma alimentação pobre em ferro. Explique porque uma alimentação pobre em ferro provocou estes sintomas no estudante.

Neste caso, o indivíduo tem respiração normal, glicemia normal, porém problemas com o transporte dos gases. A deficiência na ingestão ou no aproveitamento do ferro provoca uma diminuição da síntese de hemoglobina nas hemácias, proteína necessária para o transporte dos gases. Isto afeta o fluxo de  $O_2$  nas células, comprometendo as reações do metabolismo energético que se dão neste contexto, pois se não há hemoglobina suficiente não há transporte de  $O_2$  suficiente para suprir as necessidades das células.

### **Mini caso 4 – Verminose (*Ascaris lumbricoides*)**

Em uma investigação feita com duas crianças, cuja queixa era de constante desânimo, baixo rendimento escolar, além de uma aparência de cansaço, constatou-

se em ambas, através de exames laboratoriais, uma infestação por *Ascaris lumbricoides*, popularmente conhecido por lombriga. Explique o porquê da contaminação por este parasita provocar tais sintomas.

A lombriga é um parasita que se instala na luz do intestino delgado do indivíduo competindo com o organismo e retirando-lhe  $O_2$  e glicose, dois elementos fundamentais para a síntese de ATP, molécula de reserva energética. A diminuição da “produção de energia” pela célula reflete sistemicamente em cansaço (astenia) e baixo rendimento escolar, ou seja, diminuição do ritmo de atividades do indivíduo.

### **Mini-caso 5 – Verminose (amarelão)**

Um agricultor costumava andar descalço entre suas plantações. Alimentou este costume durante muitos anos e, de repente, começou a observar uma aparência amarelada na pele, cansaço excessivo, além de que durante a defecação, suas fezes apresentavam sinais de sangue. Procurou o serviço médico e foi diagnosticado com ancilostomose ou amarelão. Explique o motivo da sintomatologia deste agricultor.

Ao se fixar nas paredes do intestino, os Ancilóstomos (*Necator americanus* e *Ancylostoma duodenale*) começam perfurar a mucosa intestinal para adquirir nutrientes que lhes sirvam. Este procedimento provoca o rompimento dos vasos na mucosa, com conseqüente hemorragia. A perda de elementos figurados do sangue, em especial as hemácias contendo hemoglobina – proteína que atua no transporte dos gases e dá cor avermelhada ao sangue – conduz aos sintomas de aparência amarelada e excessivo cansaço, este último decorrente da deficiência na “produção de energia” pelas células, devido à insuficiência no transporte de  $O_2$  e absorção de glicose.

### **Mini-caso 6 – Transporte dos gases (enfisema pulmonar)**

Um fumante crônico é acometido de frequentes crises de falta de ar. Ao procurar o médico é informado de que o uso constante do fumo desencadeou uma doença denominada enfisema pulmonar, cujos principais sintomas eram essas crises que o acometiam. Por ser leigo no assunto e por não pedir melhores explicações ao

médico sobre seu caso, o fumante volta para casa sem compreender porque o vício havia provocado-lhe tais sintomas. Explique as causas destes sintomas.

O constante uso do fumo provoca na parede dos alvéolos um acúmulo de resíduos. A presença desses resíduos desencadeia uma reação inflamatória crônica resultando em espessamento cicatricial dos alvéolos, comprometendo a região onde ocorre a hematose – troca dos gases – complicando este processo e, conseqüentemente, o trabalho celular. Desta maneira, o indivíduo passa a ter crises de falta de ar podendo morrer por sufocamento.

Todos os mini-casos vivenciados abordam, de uma forma ou de outra, uma falha, uma quebra ou uma deficiência no transporte, na absorção ou no aproveitamento do oxigênio e/ou da glicose, componentes necessários para os processos celulares: glicólise, ciclo do Ácido Cítrico e fosforilação oxidativa. Vale salientar que se forem analisados separadamente como situações isoladas estes mini-casos, aparentemente, nada possuem em comum (sufocamento, verminose, anemia, transporte de gases, etc.). Esta capacidade que o tema respiração possui de se adaptar às situações diversas sem seguir nenhuma regra ou princípio e de ter suas funções presentes em situações em que poucas vezes imaginamos, é que confere a ele o caráter de um tema complexo e pouco estruturado (SPIRO, 1988).

Para se estudar um assunto à luz da TFC, antes de qualquer coisa, é necessário se conhecer primeiro os tópicos, para poder começar o estudo compreendendo o que caracteriza cada um dos temas selecionados. Uma leitura atenta da descrição geral de cada tópico facilitará esta compreensão, deixando os estudantes aptos para iniciar a aprendizagem, navegando na desconstrução dos mini-casos e nas travessias das paisagens em várias direções (CARVALHO, 2000).

No caso do estudo sistêmico da respiração se faz necessário aos estudantes, além de se debruçarem sobre os tópicos abordados nos mini-casos, o fazerem também sobre a anatomia e a fisiologia dos sistemas diretamente ligados a este evento, compreendendo suas respectivas funções. Este tipo de conhecimento os torna aptos a iniciar a aprendizagem navegando na desconstrução do conjunto desses sistemas, para entender profundamente a sua participação na produção de energia e nas travessias da paisagem em várias direções. Esta metáfora, usada pelos mentores da

TFC, permite a análise de um mesmo tópico inserido em contextos diferentes, igualmente aos que foram tratados em nossos exemplos de mini-casos.

A flexibilidade cognitiva adquirida durante o estudo aprofundado de um conteúdo complexo e pouco-estruturado permitirá a transferência desse conhecimento para novas situações em que esses conceitos se apliquem. Segundo a TFC a transferência pode ser por mera repetição - designada por transferência de grau zero, a mais comumente realizada nas escolas; por grande semelhança entre os casos – designada de transferência por semelhança, que implica uma compreensão mais elaborada; ou quando é necessário analisar a situação, fazendo inferências a partir dos casos já estudados – designado por transferência ponderada, sendo o tipo mais difícil e também o mais desejável, por exigir uma reestruturação do conhecimento aprendido. Deste modo, o uso de mini-casos facilita a compreensão num nível mais avançado.

Aplicando a TFC ao nosso estudo é importante a compreensão da produção de energia na célula, não somente como um fenômeno necessário à vida, decorrente da alimentação e da inspiração do ar e limitado ao contexto da célula e das funções do sistema respiratório. É preciso ir mais além e compreendê-lo como um fenômeno complexo decorrente da ação conjunta de vários sistemas, onde acontecem inúmeras reações simultâneas e de grande relevância, que convergem direta ou indiretamente para essa produção.

É interessante, portanto, que o fenômeno que resulta desse conjunto de reações seja compreendido num sistema de teia, ou de redes de ligação, que vai além dos limites da célula, obedece a um comando nervoso, necessita de um combustível e de gás comburente do meio, de um sistema de condução e da eliminação de excretas decorrentes da combustão.

Um esquema paisagístico, como um mapa conceitual, é um facilitador dessa compreensão, uma vez que torna possível a representação anatômica e fisiológica desses sistemas, contemplando as relações que se dão entre os aspectos macro e microscópicos e os eventos que ocorrem no meio celular, proporcionando as reações que convergem para a produção de energia.

#### 1.4 Mapas conceituais no ensino-aprendizagem

A técnica da construção de mapas conceituais foi proposta por Novak e Gowin (1984) como forma de instrumentalizar a teoria da aprendizagem significativa proposta por Ausubel (1980). Consiste em uma proposta de representar relações importantes entre os conceitos na forma de proposições. Para Novak e Gowin (1984), uma proposição consiste na união de dois ou mais termos conceituais por meio de uma palavra (conector) formando uma unidade semântica. Portanto, a maneira mais simples de construir um mapa conceitual consiste na união de dois conceitos através de uma palavra de ligação, por exemplo: a respiração é fundamental à vida.

Na proposta de Novak e Gowin (1984) os mapas conceituais podem seguir um modelo hierárquico com conceitos mais inclusivos no topo, conceitos subordinados intermediários e conceitos mais específicos na parte inferior. Esta distribuição é facilitadora para que os conceitos sejam obtidos coerentemente com a aprendizagem significativa ausubeliana.

O mapa conceitual é uma técnica flexível e, em razão disto, pode ser usado em diversas situações para diversas finalidades: (a) como instrumento de análise de currículo; (b) como técnica didática; (c) como recurso de aprendizagem; e (d) como instrumento de avaliação (MOREIRA e BUCHWEITZ, 1993). Em outra perspectiva, a utilização dessa ferramenta pode ser considerada uma técnica para a eliciação de conceitos e proposições relativos a uma área específica do conhecimento ou à eliciação da rede de relações que permeia as diversas áreas, contribuindo juntas, para a formação de um determinado conhecimento em um caráter de sistemicidade.

Segundo Ruiz-Moreno *et al.*, (2007) o mapa conceitual tem se mostrado uma ferramenta útil para organizar e comunicar conhecimentos podendo ser utilizado pelo professor para: (a) introduzir conteúdos; (b) realizar novas sínteses; e (c) realizar a avaliação diagnóstica dos conhecimentos cotidianos. Stensvold e Wilson (1990) recomendam a sua utilização para avaliar o nível de conhecimento relativo a um determinado fenômeno.

Para Moreira (1999), a construção de mapas conceituais é uma estratégia facilitadora da aprendizagem ao enfatizar conceitos e relações entre os conceitos,

com base nos princípios da diferenciação progressiva e da reconciliação integrativa (AUSUBEL *et al.*, 1980). Enfatiza também, que os mapas conceituais podem ser utilizados como recursos em todas as etapas da aprendizagem significativa, isto é, no ensino, na aprendizagem e na obtenção de evidências dessa aprendizagem (MOREIRA, 1997).

Moreira (1980) também ressalta que durante a construção de um mapa existem alguns princípios metodológicos a serem seguidos, tais como: (a) um ordenamento lógico onde os conceitos se relacionem de modo coerente; e (b) palavras de enlace junto aos conceitos, que permitam a construção de frases que tenham significado lógico e proposicional. Para Costamagna (2001) a elaboração dos mapas conceituais segundo esse ordenamento, permite maiores possibilidades de interrelações entre os conceitos viabilizando uma leitura de baixo para cima ou de cima para baixo. No nosso entender, esta seria uma leitura sistêmica e expansiva das relações entre os conceitos trabalhados (NOVAK e CAÑAS, 2010).

Deste modo, os mapas conceituais não precisam, necessariamente, seguir as normas de hierarquização sugeridas por Novak e Gowin (1984). No entanto, é importante considerar a organização e a clareza dos conceitos trabalhados, a partir do uso das palavras de ligação (conectores).

#### **1.4.1 Mapas Conceituais como ferramenta**

O uso de mapas conceituais tem se revelado como uma ferramenta importante para a aquisição dos conteúdos complexos da Biologia numa visão sistêmica tendo em vista, que a rede de relações que se forma durante sua construção possibilita tanto a compreensão da complexidade do conteúdo estudado - através da explicitação dos vários conceitos que o sustentam - como a compreensão da sistemicidade - através das ligações que vão se formando. Novak e Gowin (1984, p. 33) relata a importância dessas construções quando dizem:

É indubitável que, no processo de elaboração dos mapas, podemos desenvolver novas relações conceptuais, especialmente se procurarmos activamente construir relações preposicionais entre conceitos que até então não considerávamos relacionados.

Desta forma, pode-se considerar o processo de construção de mapas conceituais como uma atividade mediadora do pensamento reflexivo que possibilita o surgimento

e a ligação de novas ideias. Esse processo se torna possível através do ato de transitar entre os conceitos bem como da ação de junção e separação dos mesmos (NOVAK e GOWIN, 1984).

Em uma proposta mais recente Novak e Cañas (2010) reforçam a importância das ligações entre as novas ideias que vão surgindo no processo de construção do mapa conceitual, bem como, a importância das ligações cruzadas na junção de conceitos. Visto que estas ligações se dão entre conceitos em diferentes segmentos ou domínios do mapa conceitual, mostrarão como um conceito em um domínio do conhecimento representado no mapa está relacionado a um conceito em outro domínio ilustrado no mapa. Deste modo, as ligações cruzadas além de contribuírem para explicitar a compreensão do tema, representam saltos criativos durante a construção.

De acordo com o que foi exposto, o uso de mapas conceituais como estratégia facilitadora da organização do conhecimento, em uma perspectiva de sistemicidade, possibilita tanto a explicitação dos conhecimentos, revelando a maneira como estes se encontram ancorados na estrutura cognitiva, como a reestruturação destes, através de uma rede sistêmica de relações que se formam durante a sua construção. Deste modo, a construção de mapas conceituais se constitui em poderoso instrumento de representação e reconstrução do conhecimento uma vez que torna possível visualizar como determinado conhecimento está organizado nas concepções do indivíduo, expressando o nível de aprofundamento relativo a este conhecimento e o grau de compreensão do mesmo.

Por ser uma ferramenta flexível, maleável em seu processo de construção, o mapa conceitual possibilita a representação das ideias que o indivíduo possui sobre um determinado assunto. Para se facilitar o resgate dessas ideias, durante a construção do mapa Novak e Cañas (2010) ressaltam a importância de que seja feita uma lista dos principais conceitos que se aplicam a este domínio. Deste modo, a partir dos conceitos eleitos, torna-se possível para o indivíduo a recordação e o resgate de outros conceitos que se apliquem à situação vivenciada viabilizando, desta forma, a representação das relações existentes entre os mesmos para a formação do tema estudado.

Outro fato importante se refere à exteriorização das concepções alternativas. Segundo Novak e Gowin (1984) essas concepções são externalizadas na construção do mapa, caracterizando ligações entre conceitos que formem proposições claramente falsas, ou ligações onde falte a ideia chave que relaciona dois ou mais conceitos.

Estas falsas concepções podem funcionar como entraves tanto para a compreensão da complexidade que envolve o conteúdo como para a construção e interpretação das relações sistêmicas que venham a surgir. Deste modo, a construção de mapas conceituais cria possibilidades para um trabalho de reestruturação uma vez que através do processo avaliativo de sua construção se tem o indicativo do nível de conhecimento atingido pelo indivíduo. A partir daí pode ser trabalhada a reestruturação do conhecimento para se atingir o nível desejado. Cria-se, neste sentido, uma zona de desenvolvimento proximal.

Para Vygotsky (1984), o indivíduo tem um “nível de desenvolvimento real”- que pode ser testado e avaliado individualmente – e um nível de desenvolvimento potencial que sinaliza aonde poderá chegar. Entre esses dois níveis existe um espaço de negociação de significados, denominado ZDP (zona de desenvolvimento proximal) que constitui o momento de atuação da escola. É nesta zona que o professor pode propiciar aos estudantes as condições favoráveis para a resolução de problemas que não teria condições de resolver sozinho.

Coll (2004) completa a ideia dizendo que os agentes ativos na zona de desenvolvimento proximal não incluem apenas pessoas como crianças e adultos com graus diversos de experiência, mas também artefatos, como livros, vídeos, suporte informático, etc. Neste aspecto, vemos o mapa conceitual como um dos instrumentos importantes para o ensino-aprendizagem tendo em vista, que esta ferramenta também se revela como um elemento ativo na zona de desenvolvimento proximal do indivíduo.

No presente estudo, os mapas conceituais foram utilizados como estratégia para diagnosticar o nível de aprofundamento dos licenciandos sobre os conhecimentos relativos à respiração em uma perspectiva sistêmica e para a reorganização desses conhecimentos pela pesquisadora. Nossa recomendação é que o mapa conceitual

pode ser utilizado para construir ou elucidar a teia de relações sistêmicas existentes entre os conceitos que sustentam um conteúdo complexo.

### **1.5 Formando o formador**

Como se dá a formação do educador? Geralmente a formação inicial se dá nos cursos de Licenciatura seguida, em alguns casos, por cursos de formação continuada. Em sua maioria, a formação inicial, realizada em cursos superiores, é ministrada por professores-formadores ligados às áreas específicas do conhecimento. Estes, normalmente, na perspectiva de sua competência especializada, não percebem (ou simplesmente ignoram por não captarem sua importância) a necessidade de articulação com outros conhecimentos específicos e, muito menos, com as disciplinas pedagógicas, voltadas para apoiar o desenvolvimento do trabalho do professor-educador. O mesmo ocorre com os professores-formadores das áreas pedagógicas que têm o domínio do conhecimento pedagógico, porém não o articulam ao conhecimento específico, deixando este trabalho de transposição didática (CHEVALLARD, 1991) a cargo do licenciado...

A ausência de ligação entre estes saberes (TARDIFF, 2002) tem se constituído um obstáculo para estes profissionais que, quando colocados diante da realidade escolar, se deparam com a necessidade de formar este elo e, no entanto, não sabem como fazê-lo.

Tais obstáculos também são detectados nos cursos de formação continuada (CAVALCANTI, 2004; LOPES, 2004), tornando o problema ainda mais preocupante, visto que durante toda a formação de um professor, não se percebe a necessidade e a importância de se fazer essa articulação.

Deste modo, as disciplinas pedagógicas oferecidas durante a formação do professor, pouco têm contribuído para o desenvolvimento do trabalho deste profissional em sala de aula, devido aos fatores que foram apontados acima, ou seja, ele geralmente não consegue fazer a articulação entre as duas linhas de conhecimento.

É comum encontrar professores, participantes de cursos de formação continuada, que apesar de aceitarem e apreciarem as sugestões de estratégias de ensino ali

colocadas, não conseguem implementá-las nas suas salas de aula devido a muitos fatores impeditivos (JOFILI, 2010).

Tentar fazer a junção da parte pedagógica com a parte específica tem sido uma preocupação de um grupo de professores/formadores e pesquisadores da Universidade Federal Rural de Pernambuco, ligados às linhas de pesquisa em formação de professores e formação de conceitos. Segundo Chevallard (1991), estas não devem ser vistas isoladamente se a proposta é favorecer a transposição didática dos saberes científicos em saberes escolares.

Compreendendo a dificuldade de formar o elo entre esses saberes (pedagógico e específico), este grupo propõe um trabalho embasado na proposta freireana de problematização e contextualização (FREIRE, 1977; 1996), partindo de problemas reais trazidos pelos professores. Neste caso, o professor/educador deverá se aprofundar no conteúdo voltado para o contexto abordado e, através de uma estratégia pedagógica apropriada, tentar construir o conhecimento.

Estas reflexões modularam o procedimento utilizado pela professora/educadora e pesquisadora deste trabalho, a qual de acordo com o que foi mencionado, teve em sua formação inicial poucos elementos que contribuíram para o desenvolvimento de uma prática docente bem estruturada tanto no que se refere à articulação entre os conteúdos específicos, como a articulação entre os específicos e o pedagógico.

Por não concordar com a fragmentação dos conhecimentos, que envolve vários aspectos da formação de um professor, é que se buscou, durante o curso de mestrado, desenvolver um trabalho com base na proposta citada. Tendo como ponto de partida, o questionamento: “O conceito respiração é compreendido de forma sistêmica?” mergulhou em um trabalho de reconstrução do conhecimento, utilizando mapas conceituais como ferramenta para apoiar esse processo a fim de atingir um nível de ligação entre os conhecimentos que sustentam o conceito respiração e desse modo, uma compreensão sistêmica do mesmo.

O presente estudo pretende também investigar o potencial da utilização de mapas conceituais (MC) como ferramenta para ajudar o professor a tomar consciência da forma como os conhecimentos específicos estão organizados em sua estrutura cognitiva; verificar, com a ajuda de especialistas que, como no caso em estudo,

podem ser os educadores-formadores e/ou uma equipe de árbitros convidada especialmente para avaliar os conteúdos e articulações explicitados nos MC; e apontar áreas que necessitam de aprofundamentos e sugestões de leituras. Desta forma o professor será apoiado na busca de caminhos para preencher suas lacunas conceituais e superar a fragmentação de seu conhecimento.

Esta forma de auto-aprendizagem, além de ser mais compatível com a posição de um sujeito-aprendente ativo (em contraposição a um sujeito recebedor de conhecimentos, que na maioria das vezes não o problematiza), instiga o professor a pensar e não a simplesmente “ser pensado” por outros. Este é o caminho para a formação de educadores autônomos que, por isto mesmo poderão vir a ter condições de favorecer a autonomia de seus educandos.

## **CAPÍTULO 2 – METODOLOGIA**

A pesquisa desenvolvida neste estudo foi de natureza qualitativa. Tal abordagem considera a existência de uma relação dinâmica entre o mundo real e o sujeito que se caracteriza como um vínculo inseparável entre o universo objetivo e a subjetividade do indivíduo que não pode ser representada em números. Nesta abordagem, o ambiente natural é a fonte direta para a coleta de dados, o pesquisador é um instrumento chave e os focos principais são o processo e seu significado.

A construção de mapas conceituais (NOVAK e GOWIN, 1984; NOVAK e CAÑAS, 2010) foi utilizada como instrumento para coleta e análise de dados, além de reorganização do conhecimento, considerando que: as pessoas pensam com conceitos e que estes podem ser exteriorizados, demonstrando como entendem determinados fenômenos da natureza.

Este trabalho segue dois prismas distintos e paralelos, como ilustrado na Figura 5. Um trata da ação junto aos licenciandos em Ciências Biológicas, onde os mapas conceituais são utilizados para a investigação (coleta e análise) dos conceitos cotidianos; o outro trata do processo de evolução conceitual que se deu através da reorganização dos conhecimentos específicos da pesquisadora ao longo do desenvolvimento deste trabalho.

### **Participantes**

A presente pesquisa foi realizada com a pesquisadora e com 14 estudantes do curso de Licenciatura em Ciências Biológicas de uma universidade pública, cursando o 7º período, o que garantia o cumprimento prévio dos créditos referentes às disciplinas de bioquímica, anatomia e fisiologia.

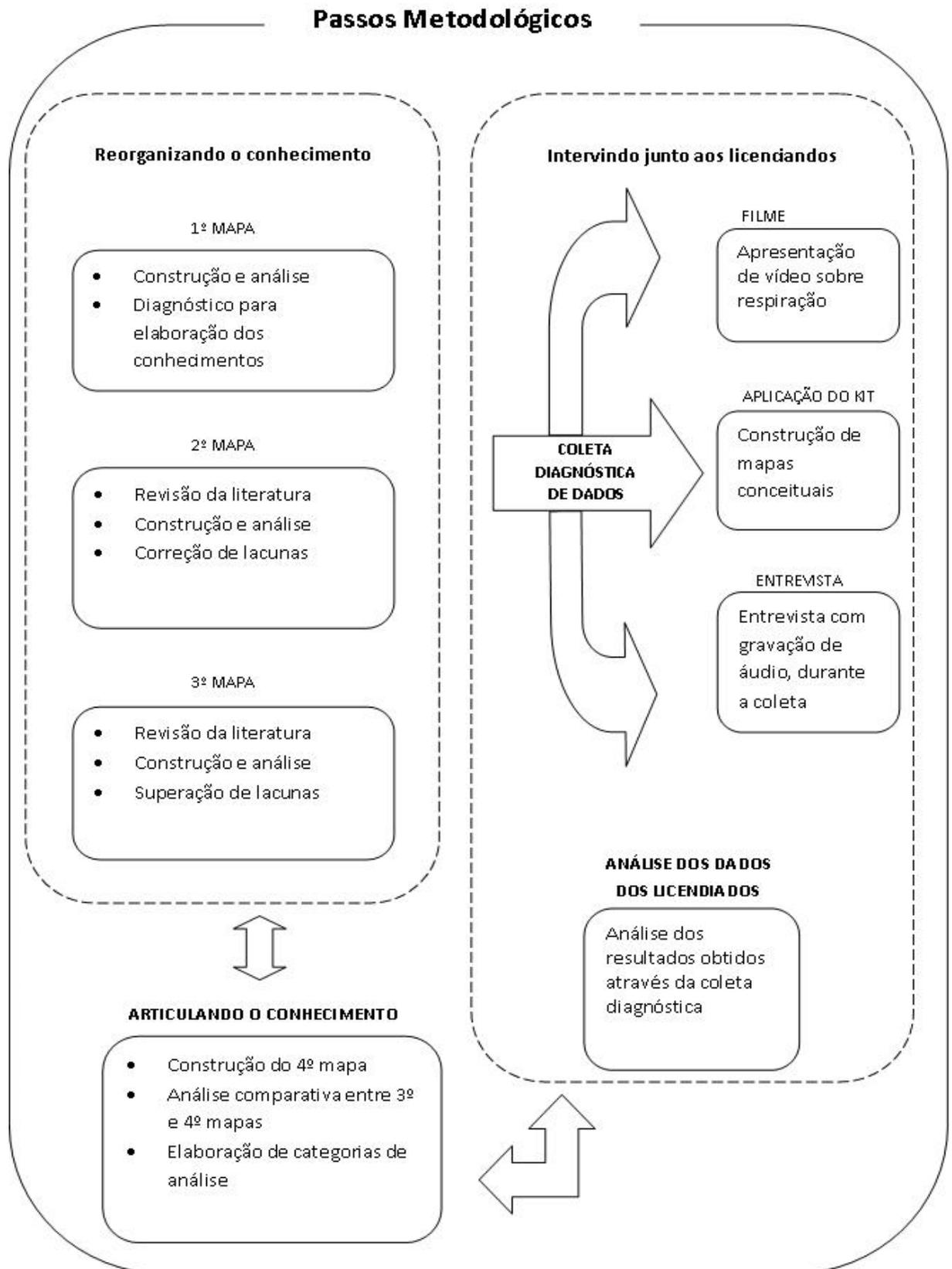
### **Instrumentos**

- Construção de mapas conceituais individuais, modificada. Novak e Gowin (1984) pontuam que os mapas conceituais devem ser hierárquicos, apresentando os conceitos mais gerais no topo do mapa e os menos inclusivos, em sequência.

Nesta pesquisa foram propostas construções em *parking lot*, a partir da elaboração de um kit com conceitos e imagens chave (NOVAK e CAÑAS, 2010). Essas ocorreram livremente com o objetivo de coletar as ideias prévias dos licenciandos sobre o conceito de respiração e suas interrelações do macro ao microuniversos;

- Entrevista com gravação de áudio, como complemento para a coleta dos dados.
- Observação informal do comportamento dos estudantes durante o desenvolvimento da atividade.

**Figura 5 - Representação esquemática dos aspectos abordados na pesquisa.**



## **2.1 Intervindo junto aos licenciandos: coleta e análise dos dados**

Este momento teve como principal objetivo verificar as concepções dos licenciandos sobre o conceito de respiração e suas interrelações, em uma visão sistêmica.

Anteriormente a coleta diagnóstica de dados foi criado um vínculo de compromisso entre a pesquisadora e os licenciandos através de um termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE). O documento tratava da responsabilidade da pesquisadora com os aspectos éticos e do compromisso dos estudantes com a mesma, o que não os impediria de desistir, caso não quisessem continuar participando. Este material está apresentado no Apêndice A.

### **2.1.1 Passos para a coleta diagnóstica de dados**

Foram realizadas junto aos estudantes pesquisados as seguintes atividades:

- a) Apresentação de um vídeo intitulado “Respiração Celular”, com duração média de 13 minutos. Este vídeo foi estruturado a partir de uma montagem formada por partes de outros vídeos de uma coleção da Super Interessante (DIGESTÃO, 1995; RESPIRAÇÃO, 1995). Foram apresentadas situações em que os personagens acordavam, corriam, comiam e nadavam e, em seguida, situações envolvendo a fisiologia humana: o sangue circulando no corpo e o efeito do fenômeno inspiração-expiração, no organismo humano. Tratou-se, portanto, da estrutura e do funcionamento dos sistemas vitais do organismo, articulados à respiração.
- b) Orientação do que seria construir um mapa conceitual abordando o conceito de respiração numa visão sistêmica, além do uso dos conectores.
- c) Apresentação da questão focal: “A respiração é um fenômeno sistêmico?”
- d) Distribuição de um kit contendo figuras representando os sistemas vitais do organismo humano (nervoso, respiratório, digestório, cardiovascular e excretor), etiquetas contendo palavras relativas aos conceitos trabalhados de acordo com (NOVAK e CAÑAS, 2010), lápis, cola, cartolina, papel ofício e etiquetas em branco, que poderiam ser utilizadas caso sentissem necessidade de acrescentar alguma palavra nova. O kit continha dois grupos de palavras: um formado por palavras básicas de todos os sistemas e da

respiração; e outro composto por palavras que requeriam um maior grau de conhecimento sobre a contextualização dos sistemas e sobre a respiração celular em si. As etiquetas contendo essas palavras foram embaladas separadamente das outras, porém fazendo parte do mesmo kit. O seu uso dependia, portanto, da necessidade e do grau de conhecimento de cada estudante. O material que contém o grupo de palavras disponibilizadas está representado no apêndice B e o que contém o grupo de figuras, no apêndice C.

- e) Em seguida, foi solicitado que usassem o material distribuído e representassem individualmente, através de um mapa conceitual, a respiração e sua articulação com os sistemas e órgãos, utilizando a colagem das palavras e figuras fornecidas, procurando articular: os órgãos, os tecidos e suas respectivas funções com o processo respiração.
- f) Durante a montagem do mapa, também foi solicitado aos participantes que usassem uma parte da cartolina, ou o papel ofício, para fazer um “arquivo morto” onde seriam coladas todas as palavras e figuras que não fossem utilizadas. Ficou claro, também, que esse arquivo deveria ser constituído exclusivamente pelo material que, no seu entender, não se relacionasse com o processo respiratório ou cuja função lhes fosse desconhecida no contexto proposto.
- g) Realização de uma entrevista com gravação de áudio, em seguida à construção do mapa, visando explicitar as principais dificuldades enfrentadas durante a construção, os caminhos percorridos e uma possível explicação a respeito dos elementos deixados no “arquivo morto”
- h) Para a aplicação desta atividade foi oferecido um tempo médio de três horas e meia.

## **2.2 Reorganizando o conhecimento: o processo da pesquisadora**

Paralelamente às atividades descritas no item anterior, se fez necessária uma reflexão sobre os conhecimentos da pesquisadora quanto ao processo respiratório

em uma perspectiva contextualizada, articulada e sistêmica, com vistas a subsidiar a elaboração das categorias para análise dos mapas construídos pelos estudantes.

Este processo foi mediado pela construção de mapas conceituais. Enquanto instrumento de representação do conhecimento, uma vez que tornam possível fazer um esboço paisagístico ilustrativo de como um determinado conhecimento está organizado na estrutura cognitiva do indivíduo. As construções dos mapas não seguiram o modelo hierarquizado descrito por Novak e Gowin (1984) sendo, portanto, construções espontâneas que possuíam como objetivo tecer relações entre os conceitos que se aplicavam ao tema, sem seguir o ordenamento de valor sugerido pelo autor. Expressavam, deste modo, o nível de aprofundamento e o grau de compreensão relativo a este conhecimento.

Os passos metodológicos foram os seguintes:

- Construção do primeiro mapa para diagnosticar como os conhecimentos estavam organizados na estrutura cognitiva;
- Análise do primeiro mapa;
- Revisão aprofundada da literatura específica;
- Construção do 2º mapa em que foram buscadas superações das limitações observadas no 1º;
- Análise do 2º mapa, onde foram registrados lacunas e erros conceituais que precisavam ser preenchidos e reparados;
- Nova revisão da literatura para a construção do 3º mapa;
- Construção do 3º mapa em que foram buscadas as superações das limitações do 2º;
- Verificação das superações das lacunas através da análise do 3º mapa.

### **2.2.1 Articulando o conhecimento**

Com base na análise do 3º mapa, foi realizada uma 4ª construção em *parking lot* (NOVAK e CAÑAS, 2010), usando os mesmos elementos-chave (conceitos e imagens) oferecidos aos licenciandos, com o propósito de construir um mapa que servisse como guia norteador para a elaboração das categorias de análise dos mapas dos licenciandos.

Os passos seguidos foram os seguintes:

Construção do 4º mapa utilizando os mesmos elementos oferecidos aos licenciandos e análise comparativa entre o 3º e o 4º mapas para elaboração das categorias de análise considerando os seguintes pontos:

- Aspectos macroscópicos das relações sistêmicas da respiração;
- Aspectos microscópicos das relações sistêmicas da respiração;
- Aspectos macro e microscópicos dos elementos envolvidos no processo respiratório;
- Relações sistêmicas entre respiração, matéria e energia;
- Articulação do indivíduo com o meio ambiente;

Estes processos tiveram como objetivo viabilizar a análise dos dados dos licenciandos, que ocorreu através da construção de mapas conceituais.

## CAPÍTULO 3 – RESULTADOS E DISCUSSÃO I

### 3.1 Reorganizando os Conhecimentos: O Processo da Pesquisadora

Durante o desenvolvimento deste trabalho, foi necessário à pesquisadora, investigar a organização do conceito sistêmico de respiração em sua estrutura cognitiva, usando mapas conceituais como instrumento. A partir da construção de um primeiro mapa conceitual (MCP1 - Mapa Conceitual da Pesquisadora 1), os resultados obtidos apontaram a necessidade de construção de novos mapas que permitissem acompanhar o avanço conceitual alcançado, realçando a transição de uma perspectiva fragmentada para uma visão contextualizada, articulada e sistêmica deste conceito.

Antes de prosseguir serão feitos os seguintes esclarecimentos: (a) o que significa **conceito**? (b) O que identifica um conceito como **sistêmico**? Um conceito pode ser entendido como:

[...] representações de um objeto pelo pensamento, relativamente à apresentação de suas características gerais, sendo expressos por palavras que os descrevem e particularizam (NOVAK, 1988). Eles podem referir-se a acontecimentos, compreendidos como algo ocorrido e passível de comprovação, ou a objetos, entendidos como elementos existentes e que permitem observação. Ainda, os conceitos podem ser considerados – consoante a perspectiva do indivíduo – como [...] as imagens mentais que provocam em nós as palavras ou signos com os quais expressamos regularidades (SOUZA e BORUCHOVITCH, 2010, p. 200).

E se as palavras ou signos expressarem *irregularidades*? Se explorarmos os conceitos com base em suas interrelações - em rede ou teia - e de forma contextualizada - ou seja, baseando-se na essência do pensamento sistêmico (MARIOTTI, 2000; CAPRA, 2002) haverá maiores dificuldades em aplicar as teorias clássicas de aprendizagem para atingir a fase de formação de conceitos descrita por Vygotsky (2005).

À medida que as situações, caso a caso, mostram um maior número de elementos a considerar, transitando entre o macro e o micro universos, podem ser observadas irregularidades, em oposição ao citado por Souza e Boruchovitch (2010). Spiro *et al.* (1988) denominam tais conceitos como domínios pouco estruturados (*ill-structured domains*), cuja negação de sua complexidade induz ao caminho de menor esforço: a

simplificação redutora que se vincula facilmente à formatação linear-cartesiana de nossas mentes (MARIOTTI, 2000).

Os avanços da Ciência, a partir da segunda metade do século XX, resultam de um grande investimento no método científico e no paradigma cartesiano. Entretanto, estes conhecimentos permanecem isolados, desconectados de um contexto, sem que as interrelações entre tantos novos elementos sejam percebidas. O pensamento sistêmico, concebido por Capra valoriza a importância das interrelações, a partir da ideia de que “todos os sistemas naturais são totalidades, cujas estruturas específicas resultam das interações e interdependência de suas partes” (2006, p. 260). Assim, é preciso lidar com ambos os paradigmas: o cartesiano e o sistêmico, simultaneamente, posto que estes não se contradizem, mas se complementam (CARNEIRO-LEÃO *et al.*, 2010).

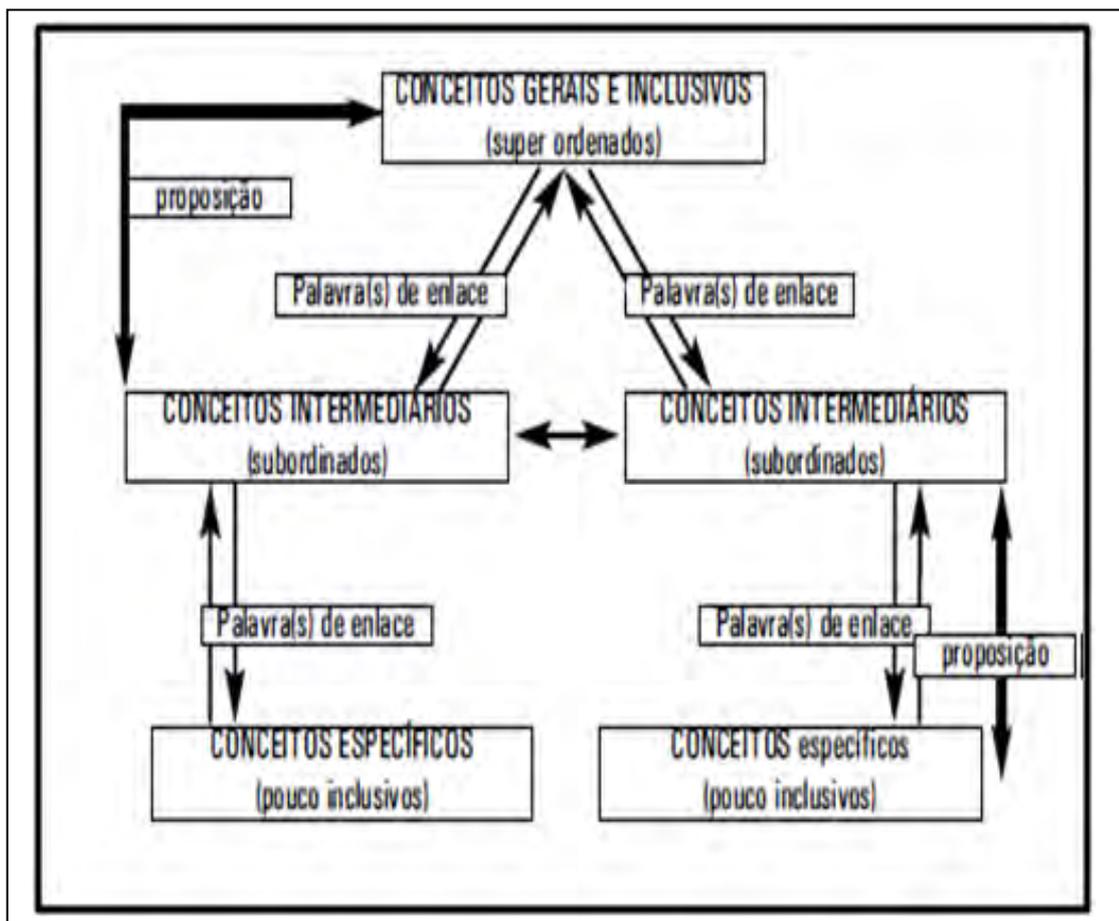
### **3.1.1 Utilizando os MC na reorganização do conhecimento**

O mapa conceitual é uma ferramenta que ilustra de maneira clara como um determinado conhecimento está organizado na estrutura cognitiva do indivíduo, seja com um viés avaliativo ou formativo (RUIZ-MORENO *et al.*, 2007; SOUZA e BORUCHOVITCH, 2010). Sua construção esquemática, utilizando conceitos-chave e termos de ligação (conectores) evidencia quais conceitos, relativos ao conhecimento em estudo, são percebidos e/ou compreendidos pelo indivíduo e como estão articulados. Deste modo, durante a leitura do esboço do mapa, é possível perceber como as ideias a respeito de um dado conhecimento estão ancoradas na cognição do indivíduo; e se os conceitos que o sustentam se unem coerentemente formando uma rede sistêmica de relações, ou se são revelados como um mero amontoado de informações fragmentadas.

O modelo de mapa conceitual proposto por Novak e Gowin (1984) sugere uma organização hierárquica, onde os conceitos mais gerais são colocados no topo, os menos gerais, numa posição intermediária e os mais específicos no final da organização (Figura 6). Este modelo reflete a perspectiva de abordagem do conhecimento científico da década de 1980. A construção deste recurso, obedecendo a uma sequência hierárquica, prende-se às ideias cartesianas tendo em vista que a separação dos conceitos por grau hierárquico apoia a fragmentação: no processo de construção do mapa, os conceitos são postos de modo sequencial e

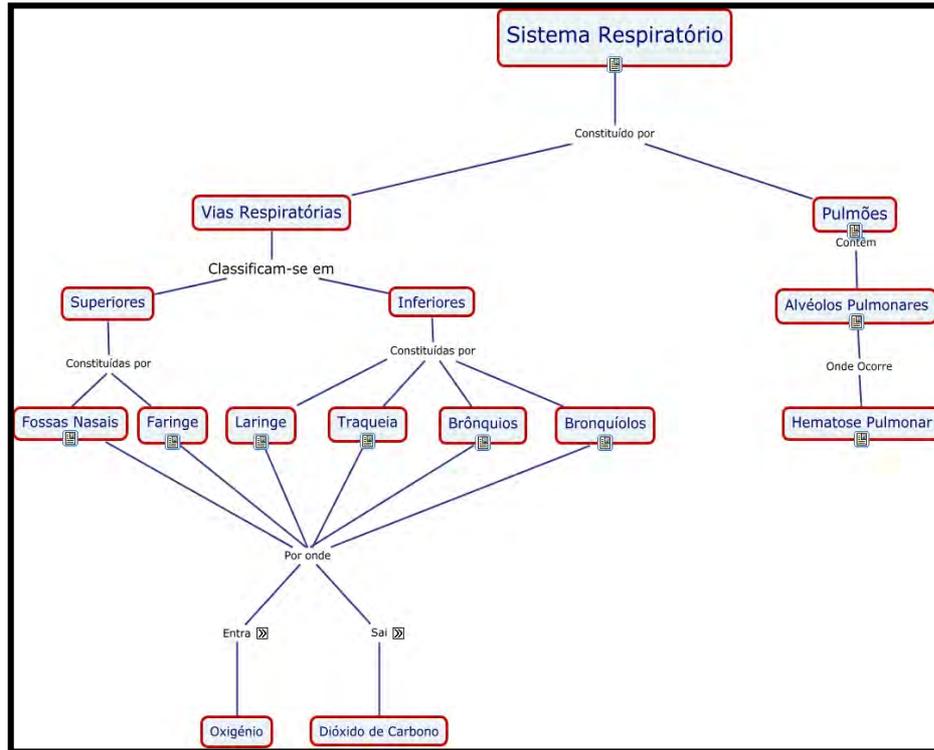
hierarquizado, limitando assim a rede de ligações e interconexões; na leitura do esboço, os conceitos que se encontram mais distantes são geralmente compreendidos como conceitos de pouco significado para o conhecimento em estudo. A nosso ver, isso se revela como um obstáculo tanto para a construção do mapa como para sua a leitura que deve poder ser feita em todas as direções.

**Figura 6 - Concepção geral de um mapa conceitual segundo a proposta de Novak**



Fonte: Souza e Boruchovitch, 2010.

**Figura 7 - Representação de mapa conceitual com base em uma perspectiva cartesiana**



Fonte: <http://cmapspublic3.ihmc.us/rid=1G4F7B0M7-12NHDG1-1714/1G46SNSGPIL4HRBRIMSKlte xtl.html>.

O mapa ilustrado na Figura 7 foge completamente dos requisitos de uma perspectiva sistêmica e retrata a maneira cartesiana de se compreender parte dos fenômenos da respiração, enfatizando os elementos anatômicos e representando-os de modo hierarquizado, linear e fragmentado em estruturas estanques, sem considerar a teia de relações que existe entre eles. Hematose, O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub> são simplesmente citados como conceitos de pouca importância na organização deste mapa. Seria esta representação, simplificada e fragmentada, suficiente para se compreender a complexidade do todo? As relações anatômicas, histológicas, fisiológicas e bioquímicas da respiração? Carneiro Leão *et al.*, (2009; 2010) ressaltam que este fato aponta para a formação cartesiana de profissionais, em decorrência de equívocos na matriz curricular das Instituições de Ensino Superior (IES).

O conceito sistêmico de respiração busca, assim, interligar as partes refazendo o conjunto, sem perder de vista todos os componentes que o constitui. A análise das partes separadamente se dá sem quebrar o elo com o todo. Com base nestes pensamentos, consideramos o mapa conceitual uma ferramenta apropriada para a construção do conhecimento em tela. Seu processo de construção permite a

identificação das articulações entre os conceitos, considerando e/ou formando as relações de vários sistemas e processos orgânicos entre si e com a respiração, conferindo à mesma um caráter de sistemicidade.

Deste modo, o mapa conceitual como proposto por Novak (Figura 6) não atende a esse novo paradigma de compreender o mundo. Porém, trata-se de uma ferramenta que permite adaptações, fugindo do modelo hierárquico. Adéqua-se aos princípios da sistemicidade, ao se estender em uma rede de relações formadas por conceitos cotidianos ativados ou esquecidos na estrutura cognitiva do indivíduo, resgatando-os e articulando-os. Esta possibilidade foi apontada pelo próprio Novak:

É indubitável que, no processo de elaboração dos mapas, podemos desenvolver novas relações conceptuais, especialmente se procurarmos activamente construir relações preposicionais entre conceitos que até então não considerávamos relacionados (NOVAK e GOWIN, 1984, p.33).

Por essas razões, encontramos no mapa conceitual um instrumento que pode ser adaptado às nossas necessidades, seja no aspecto formativo (análise e reflexão da pesquisadora), seja no processo avaliativo.

Novak e Cañas (2010) revisitam a proposta dos mapas conceituais, como construções que possibilitam criações espontâneas, permitindo, em nosso caso, a identificação das articulações entre os conceitos, considerando e/ou estabelecendo as relações dos sistemas e processos orgânicos entre si e com a respiração. A possibilidade de formação de uma rede sistêmica de relações se dá durante as construções, a partir dos conceitos que surgem e das ligações cruzadas que se formam, tornando possível a movimentação entre estes conceitos, bem como o processo de junção e separação dos mesmos sem perder o elo com o todo.

Em todo o processo de reorganização do conhecimento da pesquisadora foram construídos quatro mapas conceituais: três de natureza avaliativa/formativa, voltados para o trabalho de reconstrução e evolução do conhecimento, e um último, baseado na proposta de *parking lot* (NOVAK e CAÑAS, 2010) para servir de parâmetro à análise dos mapas dos licenciandos.

As categorias de análise emergiram após a construção do 4º mapa conceitual, valorizando-se: quais os conceitos envolvidos e sua importância; as ligações estabelecidas entre os conceitos; e a inserção de novos conceitos e conectores. Na

análise, buscou-se verificar a presença e interrelação entre os conceitos relativos ao macro e ao micro universos, bem como os relativos às trocas de matéria e energia que ocorrem entre o indivíduo e o meio ambiente em uma perspectiva sistêmica, a partir do conceito de respiração.

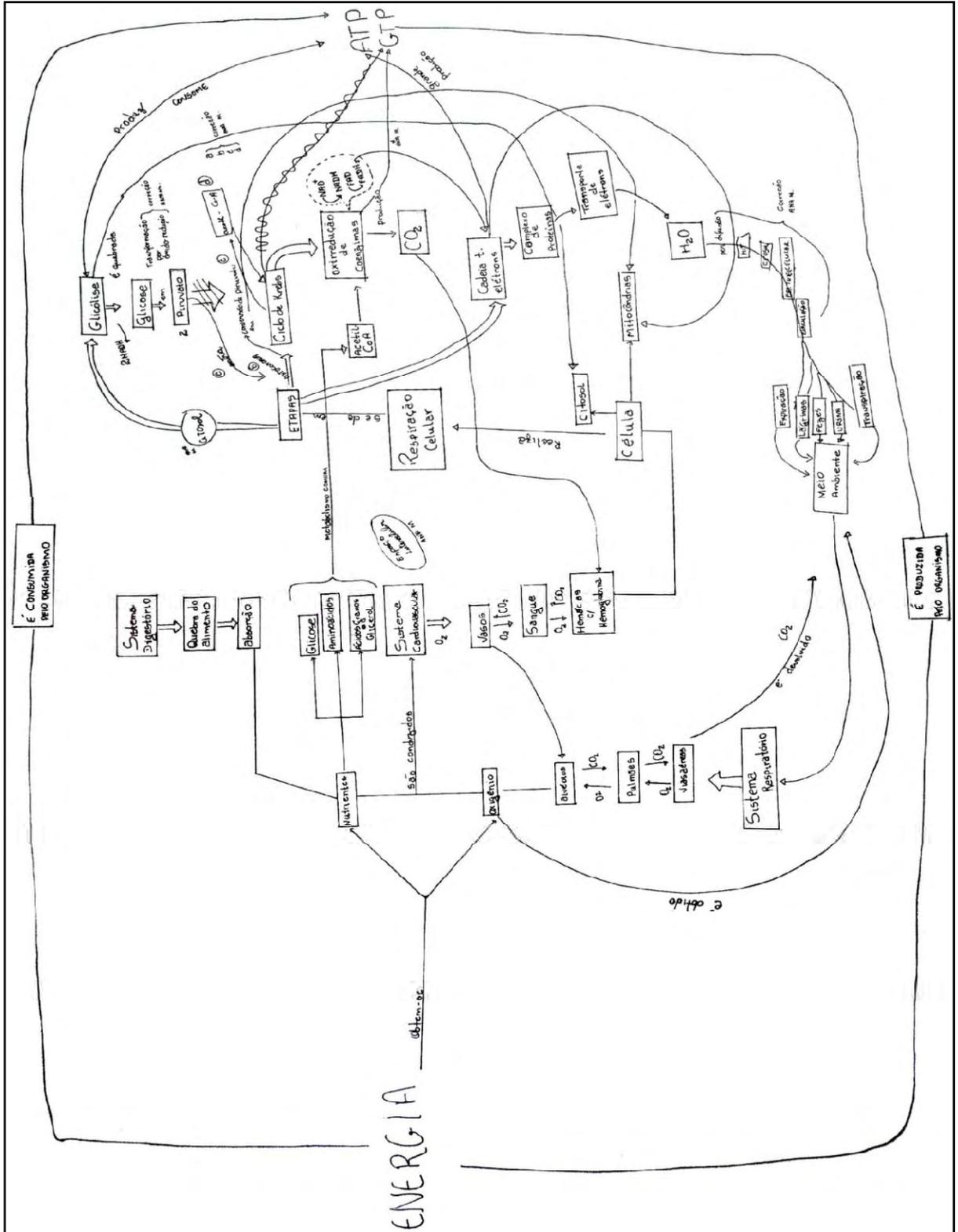
Assim, emergiram nove categorias que abordam os aspectos macroscópicos, oito que abordam os aspectos microscópicos, uma para a transição entre os universos macro e microscópicos, uma para as relações de troca do indivíduo com o meio ambiente e, por fim, uma que trata das relações da energia com o organismo (Quadros 2, 3, 4, 5 e 6). Estas categorias foram utilizadas nas análises de todos os mapas desenvolvidos durante esta pesquisa.

Os resultados referentes às construções dos mapas conceituais pela pesquisadora permitiram traçar um perfil evolutivo da construção do conhecimento trabalhado, tanto nos aspectos disciplinares do conteúdo específico, como nas relações sistêmicas que permeiam os fenômenos da respiração. Isso ocorreu a partir de análises comparativas sequenciais entre as produções. Deste modo, tornou-se possível perceber as concepções trazidas pela pesquisadora antes e após construir um estudo mais aprofundado e em uma perspectiva sistêmica.

#### **3.1.1.1 Análise do 1º Mapa Conceitual da Pesquisadora (MCP-1)**

Em um primeiro momento foi construído um mapa que contemplou a respiração como foco principal e apontou as possíveis relações existentes com alguns sistemas e processos do organismo (Figura 8). Disponível no Apêndice D.

Figura 8 - Representação fragmentada da respiração (MCP-1)



Esta representação se deu de forma muito simplificada e incompleta, abordando os aspectos macroscópicos da respiração (Anatomia e Fisiologia), porém deixando de identificar aspectos importantes, como ilustrado no Quadro 2. A abordagem microscópica foi realizada, de forma incipiente, demonstrando haver espaço para a construção e desenvolvimento desses conteúdos (Quadro 3). O mapa, como um todo, apresenta distorções conceituais que podem ser caracterizadas como erros de compreensão e notável fragmentação entre os fenômenos.

**Quadro 2 - Aspectos macroscópicos da respiração (MCP-1)**

Categorias		Descrição dos parâmetros
1	Percepção dos eventos envolvidos no processo respiratório.	A parte macroscópica que trata dos sistemas se encontra separada dos eventos microscópicos da respiração.
2	Articulação dos aspectos macro e microscópicos relativos à respiração.	Os aspectos macro e microscópicos são percebidos de modo fragmentado (respiração pulmonar e respiração celular).
3	Relação respiração-meio ambiente.	Processo que envolve o indivíduo e uma troca de gases com o meio.
4	Identificação dos sistemas relacionados à respiração.	Sistema respiratório, digestório e cardiovascular.
5	Articulação entre os vários sistemas e o processo respiratório.	Não articula os sistemas entre si, ligando-os diretamente à respiração.
6	Indicação dos aspectos anatômicos dos sistemas envolvidos com a respiração.	Sistema respiratório completo em elementos, sistemas digestório e cardiovascular ausência significativa de elementos.
7	Identificação dos aspectos fisiológicos dos sistemas envolvidos com a respiração.	Quebra do alimento e absorção dos nutrientes no sistema digestório.
8	Caracterização dos elementos usados na construção do mapa.	Construção simplificada com poucos elementos.
9	Utilização de conectores (palavras ou expressões de ligação).	Ausência significativa de conectores (palavras de conexão para explicar os fenômenos).

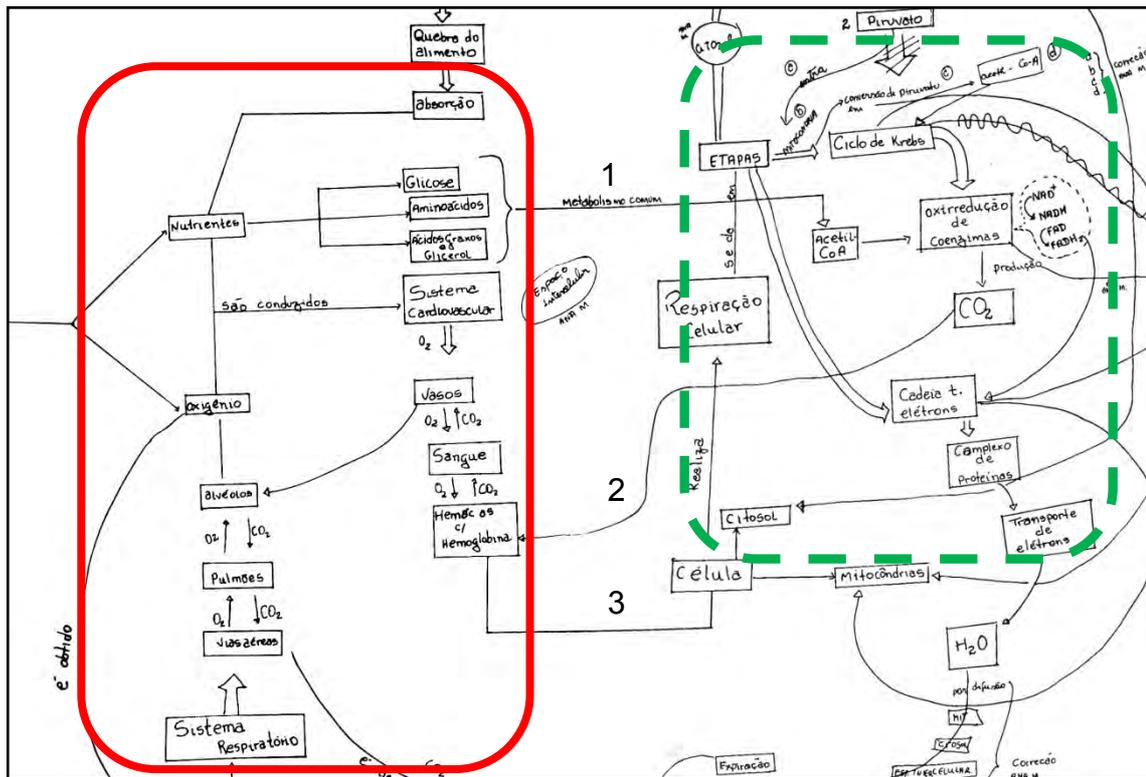
É importante ressaltar que o MCP-1 foge das características de unidimensionalidade, comuns em esboços iniciais, em que a organização é vertical e linear (decorrente das primeiras e superficiais tentativas de elaboração). Além disso, apresenta uma estrutura bidimensional, o que denota:

[...] um “passo à frente”, pois promovem conexões verticais – que particularizamos mapas unidimensionais – e também horizontais, favorecendo [...] uma visão mais completa das relações entre os conceitos [...] (MOREIRA, 2006, p. 46, *apud* SOUZA e BORUCHOVITCH, 2010).

Como a leitura pode ser processada em qualquer direção, favorece a exploração de relações entre os conceitos. Alinhados no plano horizontal, estão dispostos os conceitos com níveis aproximados de generalidade e inclusividade, como “energia” e “ATP”

Quanto à abordagem macroscópica (Quadro 2), há uma acentuada simplificação referente a alguns aspectos como: (a) o número de sistemas envolvidos – sistemas: respiratório, digestório e cardiovascular - e seus elementos constituintes; (b), o número de conexões entre os sistemas; e, (c), destes com o processo respiratório, além da quantidade reduzida de conectores que impossibilita uma compreensão lógica de todo o esboço. Durante o desenvolvimento dessa produção, quanto aos aspectos citados acima, pode-se observar uma importante fragmentação em vários aspectos (Figura 9). A disposição dos elementos no mapa aponta para uma separação entre o macro e o micro universos (onde estão representados os sistemas e os eventos que ocorrem na célula, respectivamente). Apenas três ligações conectam o macro e o micro universos.

Figura 9 – Fragmentação dos aspectos macro e microscópicos da respiração (MCP-1)



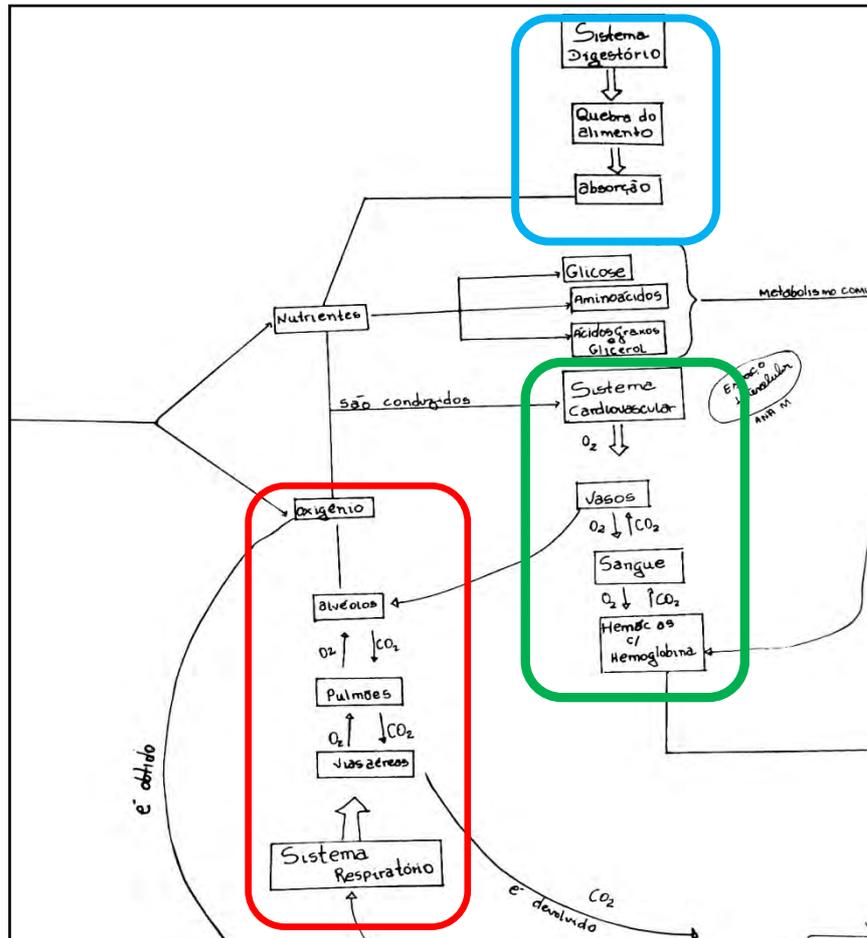
Linha vermelha, representação do aspecto macroscópico; Linha verde tracejada, representação do aspecto microscópico; 1, 2 e 3, ligações que se dão entre o macro e o micro universos

Esta representação demonstra, de maneira clara, como a pesquisadora distinguiu os aspectos pulmonares e celulares da respiração, como se fossem fenômenos que ocorressem separadamente. Em paralelo, durante a representação individualizada dos sistemas, a fragmentação também é observada, pois os elementos estruturais e funcionais são ilustrados totalmente separados.

Toda esta fragmentação aponta para uma dificuldade, por parte da pesquisadora, em tecer relações entre os fenômenos que ocorrem em um organismo vivo. Neste trabalho, buscamos relacionar os sistemas vitais do organismo com os fenômenos da respiração, pois compreendemos os sistemas vivos como totalidades integradas, cujas propriedades não podem ser reduzidas às unidades menores, em concordância com Capra (1996). Quanto aos elementos referentes aos aspectos anatômicos e fisiológicos dos sistemas, apenas três sistemas estão representados: o respiratório, o digestório e o cardiovascular. Isto aponta para a dificuldade em interrelacionar a função dos demais sistemas para o funcionamento harmonioso do

indivíduo e sua homeostase. Nos sistemas citados, com exceção do sistema respiratório, há uma ausência significativa dos componentes e dos processos que ocorrem em tais sistemas (Figura 10).

**Figura 10 – Elementos e processos dos sistemas orgânicos (MCP-1)**



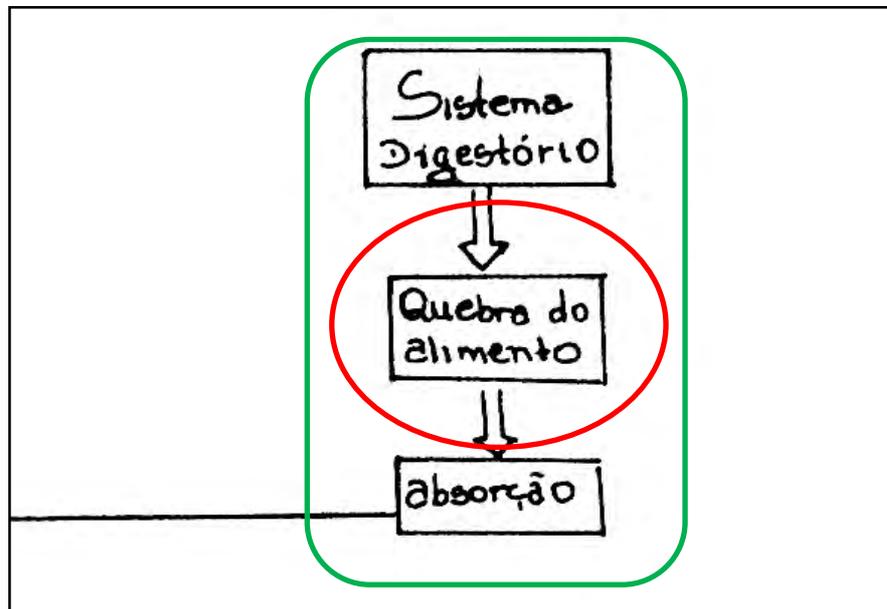
Linha vermelha, Sistema respiratório; Linha verde, Sistema cardiovascular; Linha azul, sistema digestório.

O sistema cardiovascular, por exemplo, está representado de forma muito resumida (Figura 10, linha verde): cita-se o nome do sistema e aponta-se para uma relação entre vasos, sangue e hemoglobina, que envolve o trânsito de  $O_2$  e  $CO_2$ . A hemoglobina está contida nas hemácias (“hemácias com hemoglobina”), mas não está claramente apontada a presença das hemácias como elemento figurado do sangue. No sistema digestório (Figura 10, linha azul), também é observada a ausência de elementos importantes, citando-se apenas o nome do sistema, a “quebra do alimento” e a absorção dos nutrientes, como processos fisiológicos. Não

há relação explicitada entre a “quebra do alimento” e a “absorção”, como sendo o processo digestivo. Da mesma forma, não são citados como e onde estes fenômenos ocorrem. Assim, a atividade enzimática que possibilita a ocorrência destes processos digestivos, a ação emulsificadora da bile e o efeito regulador dos hormônios que controlam a glicemia (insulina e glucagon) não são apontados. Os processos fisiológicos que se referem à formação, acúmulo e eliminação dos resíduos da digestão também não são contemplados.

Outro aspecto a ser apontado é a generalização do processo digestivo das diferentes macromoléculas, rotulado como “quebra do alimento” (Figura 11). Este termo desconsidera a composição celular e molecular dos diferentes alimentos, assim como dos processos de desconstrução molecular característicos da digestão (por exemplo, amido e maltose em glicose; proteínas em aminoácidos; triglicerídeos em ácidos graxos livres e glicerídeos). Desconsidera, também, os compartimentos (órgãos) deste sistema, suas características estruturais e funcionais.

**Figura 11 – Elementos do sistema digestório e processo digestivo (MCP-1)**



Linha verde, simplificação do sistema digestório apontando para a ausência de elementos, órgãos; linha vermelha, generalização dos processos digestório através do termo “quebra de alimento”.

Estas observações ilustram a presença de lacunas conceituais, quanto aos campos disciplinares específicos, decorrentes da simplificação e superficialidade com que estes conteúdos foram tratados durante a formação inicial da pesquisadora. Em

paralelo, confirmam um entendimento fragmentado de conteúdos relativos à Fisiologia e à Bioquímica. Estes podem ser compreendidos como domínios complexos e pouco estruturados, de acordo com a Teoria da Flexibilidade Cognitiva (TFC; Spiro *et al.*, 1987) pelo fato de serem conceitos que não se prendem a regras ou princípios gerais que se apliquem a situações concretas, ou seja, são conceitos flexíveis, podendo ser aplicados em situações que apresentem significados diferentes. Segundo Spiro *et al.*, (1992) é interessante que o estudante seja exposto à Complexidade desde a abordagem inicial do tema, pois a simplificação redutora do assunto, tanto quanto uma metodologia tradicional de ensino, conduzem a abordagens monolíticas. Estas dificultam perceber e relacionar diferentes contextos, deixando o indivíduo em dificuldade quando necessita transferir o conhecimento para uma nova situação, como a construção de um mapa conceitual, por exemplo.

À medida que seguimos no sentido do universo microscópico, as lacunas conceituais e a simplificação redutora se tornam mais evidentes. Este comentário diz respeito inicialmente à transição entre o macro e o micro universos, como apontado no Quadro 3. É citada apenas a absorção dos nutrientes. Não trata de aspectos morfológicos, a exemplo da existência de capilares alveolares e tissulares, nem de processos, como a hematose e a difusão da água, apesar de citar a troca de gases.

**Quadro 3 - Categorização da transição entre o macro e o micro universos (MCP-1)**

Categoria		Descrição dos parâmetros
1	Transição entre macro e micro universos	Representa apenas a absorção dos nutrientes

Quanto à abordagem microscópica, os resultados estão apresentados no Quadro 4. Podem ser ressaltados os seguintes aspectos: 1, compreensão da “respiração celular” aeróbica como um processo integrado entre algumas vias metabólicas e reações enzimáticas (glicólise, conversão do piruvato a acetil-CoA, ciclo do ácido cítrico e fosforilação oxidativa); 2, participação das coenzimas que participam dessas etapas; e, 3, fenômeno da transformação e utilização da energia no contexto biológico.

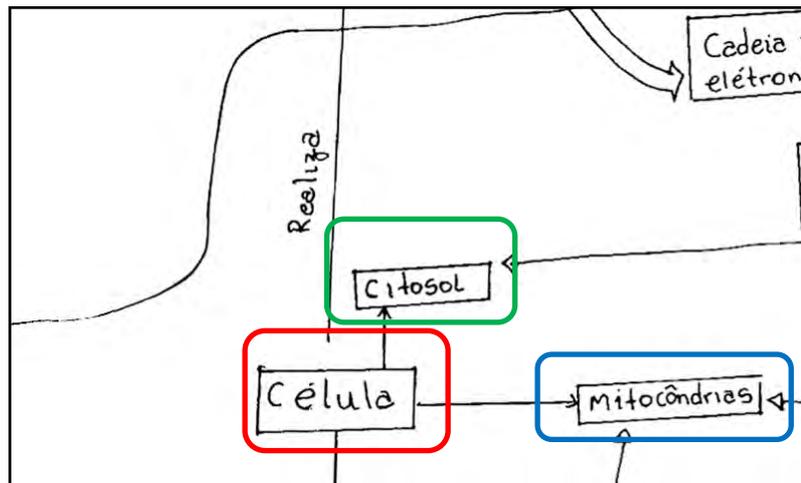
Neste mapa, a célula está representada como uma estrutura isolada, (Figura 12). O citosol e a mitocôndria (linhas verde e azul) estão representados como elementos a parte, como se não fizessem parte da estrutura celular (Figura 12, linha vermelha). Naturalmente, os processos metabólicos que ocorrem em seu interior também parecem desarticulados da célula, inclusive os que culminam na síntese de ATP

**Quadro 4 - Categorização dos aspectos microscópicos das relações sistêmicas (MCP-1)**

Categorias		Descrição dos parâmetros
01	Articulação da estrutura celular com os processos da respiração.	A célula é representada como uma estrutura genérica, isolada onde ocorrem etapas do metabolismo energético.
02	Identificação das etapas microscópicas da respiração.	Identifica todas as etapas (Glicólise, Ciclo de Krebs e CTE).
03	Articulação entre os constituintes celulares e o processo respiratório.	O Citosol é sede da glicólise; na mitocôndria, ocorrem o Ciclo de Krebs e a CTE.
04	Representação das reações características da glicólise.	Não representa as reações características desta fase. Cita apenas a quebra da molécula de glicose em piruvato.
05	Interpretação do Ciclo de Krebs <sup>1</sup> .	Reação de oxirredução de coenzimas NAD <sup>4</sup> , FAD <sup>5</sup> à NADH <sup>6</sup> e FADH <sub>2</sub> <sup>7</sup> com produção de CO <sub>2</sub> <sup>8</sup> a partir da inclusão direta do piruvato neste conjunto de reações.
06	Interpretação da CTE <sup>1</sup> .	Não representa as reações desta fase. Apenas cita como um complexo de proteínas ligado à síntese de ATP e água.
07	Explicação da síntese de ATP <sup>2</sup> .	Cita como evento que ocorre na glicólise e na CTE. Não explica as reações.
08	Relação entre a molécula de ATP e os processos metabólicos da respiração celular.	Relação de síntese e consumo. Não representa as reações que caracterizam esses eventos.

<sup>1</sup> Ciclo de Krebs, forma ainda frequente de referenciar o ciclo do ácido cítrico ou ciclo dos ácidos tricarboxílicos; <sup>2</sup> CTE, cadeia transportadora de elétrons; <sup>3</sup>ATP, adenosina trifosfato; <sup>4</sup> NAD, nicotinamida adenina nucleotídeo; <sup>5</sup> FAD, flavina adenina dinucleotídeo; <sup>6</sup> NADH, NAD reduzido; <sup>7</sup> FADH<sub>2</sub>, FAD reduzido; <sup>8</sup> CO<sub>2</sub>, dióxido de carbono.

**Figura 12 – Célula como um elemento isolado (MCP-1)**



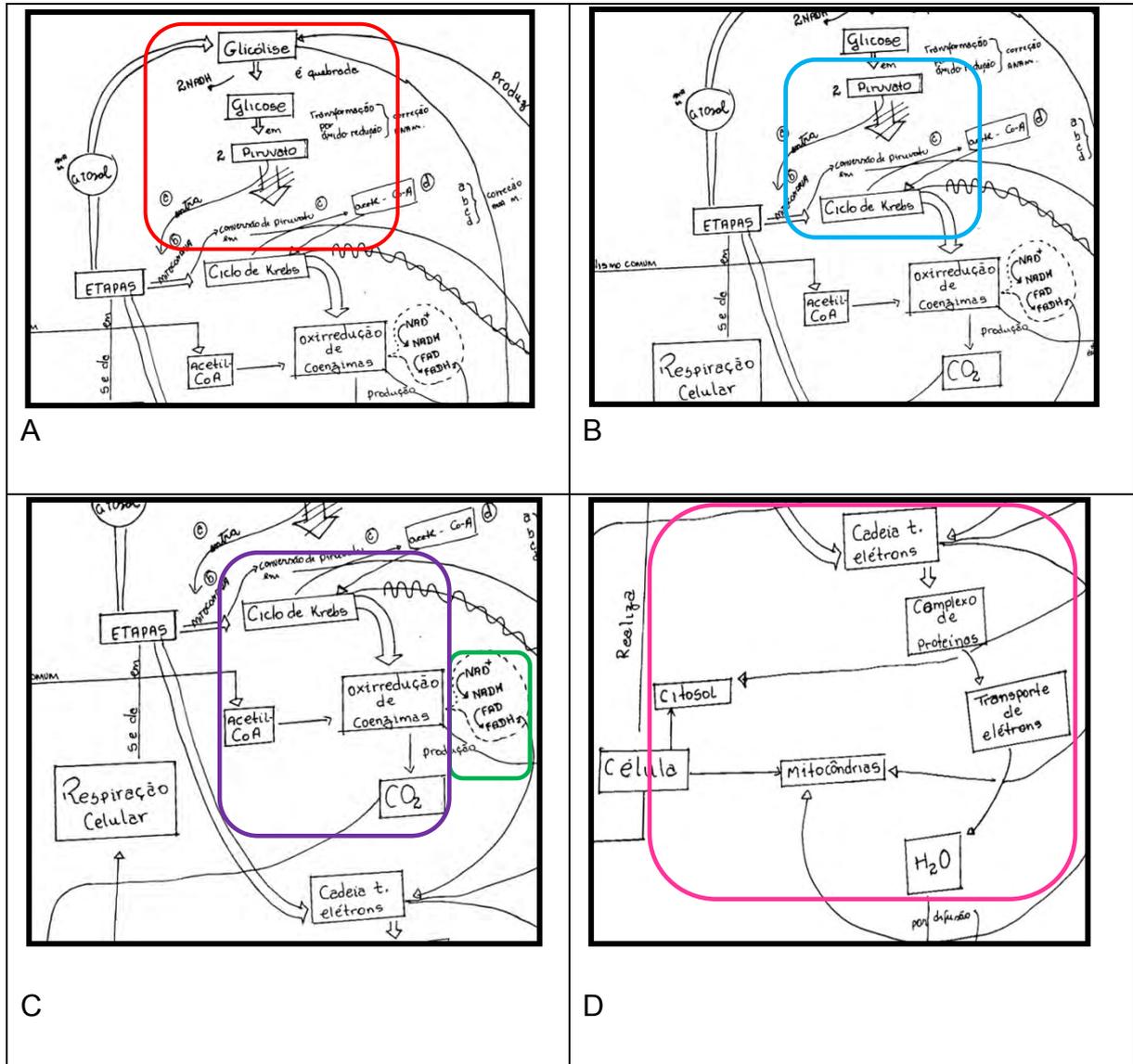
Linha vermelha, Célula, elemento isolado; Linhas verde e azul, citosol e mitocôndrias, fora do contexto celular, respectivamente.

A fragmentação dificulta compreender que a respiração pulmonar está intimamente relacionada com os processos celulares, visto que o  $O_2$  faz parte das reações de oxidorredução celulares; o  $CO_2$  resultante do metabolismo irá se difundir para o meio intercelular e, ligado à hemoglobina, será transportado para os pulmões e exportado para o meio ambiente via hematose (TORTORA, 2001). Assim, a relação entre os órgãos dos vários sistemas é pouco compreendida.

A Figura 13 vem ilustrar que as etapas da respiração celular (comumente tratada) são citadas, assim como são apontados os sítios de ocorrência intracelular (citosol e mitocôndria). Entretanto, o esboço funcional dos eventos relacionados é pouco compreendido devido à grande ausência de elementos relativos aos aspectos bioquímicos e de ligação (como os conectores).

Na representação das etapas da respiração celular, a glicólise é apontada como uma rápida transformação da glicose em piruvato, que culminará com a síntese de ATP, sem explicitar claramente o local da célula onde estas reações acontecem (Figura 13A). Da mesma forma, as reações de oxirredução envolvendo as coenzimas que participam desta etapa não são explicitadas quanto à sua função. Este conjunto de observações aponta para a existência de lacunas conceituais nos aspectos disciplinares específicos, o que irá dificultar o estabelecimento de articulações entre os fenômenos.

Figura 13 - Etapas dos processos celulares da respiração (MCP-1)



A, (linha vermelha) glicólise como etapa da transformação da glicose em piruvato; B, (linha azul) erro conceitual: inclusão direta do piruvato no Ciclo de Krebs sem antes ser convertido em Acetil-CoA; C, (Linha roxa), representação simplificada do Ciclo de Krebs sem ligação direta com a Acetil-CoA, (linha verde) representação das coenzimas NAD, NADH, FAD, FAH<sub>2</sub> separadas do Ciclo de Krebs; D, (linha rosa) representação simplificada da CTE.

Um exemplo disso é considerar o piruvato como participante direto do ciclo de Krebs, sem que seja necessária uma prévia conversão em acetil-CoA (Figura 13-B). O ciclo de Krebs é ligado separadamente aos termos "acetil-CoA", "oxidorredução de enzimas" e "CO<sub>2</sub>" (Figura 13-C). A redução das coenzimas NAD e FAD à NADH e FADH<sub>2</sub>, respectivamente, é apontada, sem explicar como ou porquê esses fenômenos ocorrem. A presença do CO<sub>2</sub> pode ser identificada no contexto, ainda que as suas relações com os processos metabólicos e orgânicos não estejam

explicitadas, devido a uma acentuada ausência de conectores que expliquem esses processos. O ciclo dos ácidos tricarboxílicos (também conhecido como ciclo do ácido cítrico ou ciclo de Krebs) é, segundo Champe *et al.* (2009), uma sequência cíclica de reações enzimáticas, onde ocorre, graças às desidrogenases, a liberação gradual de átomos de hidrogênio, carregados pelas coenzimas NAD e FAD até à cadeia transportadora de elétrons (CTE). Observa-se, no contexto trabalhado, além da necessidade de inclusão de novos elementos, a necessidade de aprofundamento conceitual que proporcione maior clareza no esboço desse ciclo de reações.

Com a Cadeia de Transporte de Elétrons (CTE), a redução e a fragmentação se repetem. Não existe conexão entre os eventos do ciclo de Krebs e os da CTE, a qual é representada em outro espaço do mapa, sendo relacionada a um “complexo de proteínas”, ao “transporte de elétrons”, a “água” e a “Adenosina Trifosfato (ATP)” (Figura 13-D). Esta etapa está representada apenas pelo nome da cadeia ligado a um complexo de proteínas na mitocôndria que participa do transporte de elétrons. Tudo isso se dá, também, sem o uso de conectores que possam explicar o processo. É importante ressaltar que não é observada a presença do oxigênio nesta etapa (CHAMPE *et al.*, 2009).

Os conteúdos da Bioquímica que apresentam um alto grau de complexidade e abstração costumam ser trabalhados de forma inadequada durante a formação acadêmica inicial. Segundo Spiro *et al.* (1992), nestes casos, o conhecimento não pode ser tratado de modo mecanizado ou automatizado, pois a aquisição desses conhecimentos de nível avançado exigem mais do que uma mera exposição ao assunto.

Vale ressaltar que o Ciclo de Krebs, assim denominado em homenagem ao pesquisador Hans Krebs, também é conhecido como ciclo do ácido cítrico ou ciclo dos ácidos tricarboxílicos (ALBERTS, 2010). Entretanto, o termo ciclo de Krebs ainda é frequentemente usado, especialmente nos livros texto do Ensino Médio (AMABIS e MARTHO, 2004; LOPES, 2007; LINHARES, 2010). Neste mapa, o processo de respiração celular é ilustrado de forma resumida e simplificada, apontando para uma compreensão superficial do tema, como pode ser observado na figura 13A-D.

Outro ponto a ser comentado é a relação entre a molécula de ATP e a respiração (Figura 14). Uma vez que, dentro do senso comum, a respiração está associada ao processo pulmonar (macroscópico) é difícil associar a necessidade do O<sub>2</sub> pulmonar como um substrato importante para as reações de oxidorredução nas células, que culminam com a síntese de ATP. A desarticulação entre os eventos macro e microscópicos correspondem a mais um elemento simplificador e desagregador deste processo.

A síntese do ATP parece ser um processo que ocorre na glicólise (Figura 14-A, linha vermelha) e na CTE (Figura 14-B, linha verde), ainda que tenha o O<sub>2</sub> pulmonar como requisito (Figura 14-C, linha roxa) e que o CO<sub>2</sub> resultante seja um “excreta” metabólico, a ser eliminado principalmente na expiração pulmonar (Figura 14-D, linha azul). Desta forma, permanece a perspectiva vitalista: é preciso respirar para viver. A pergunta consequente é: como?

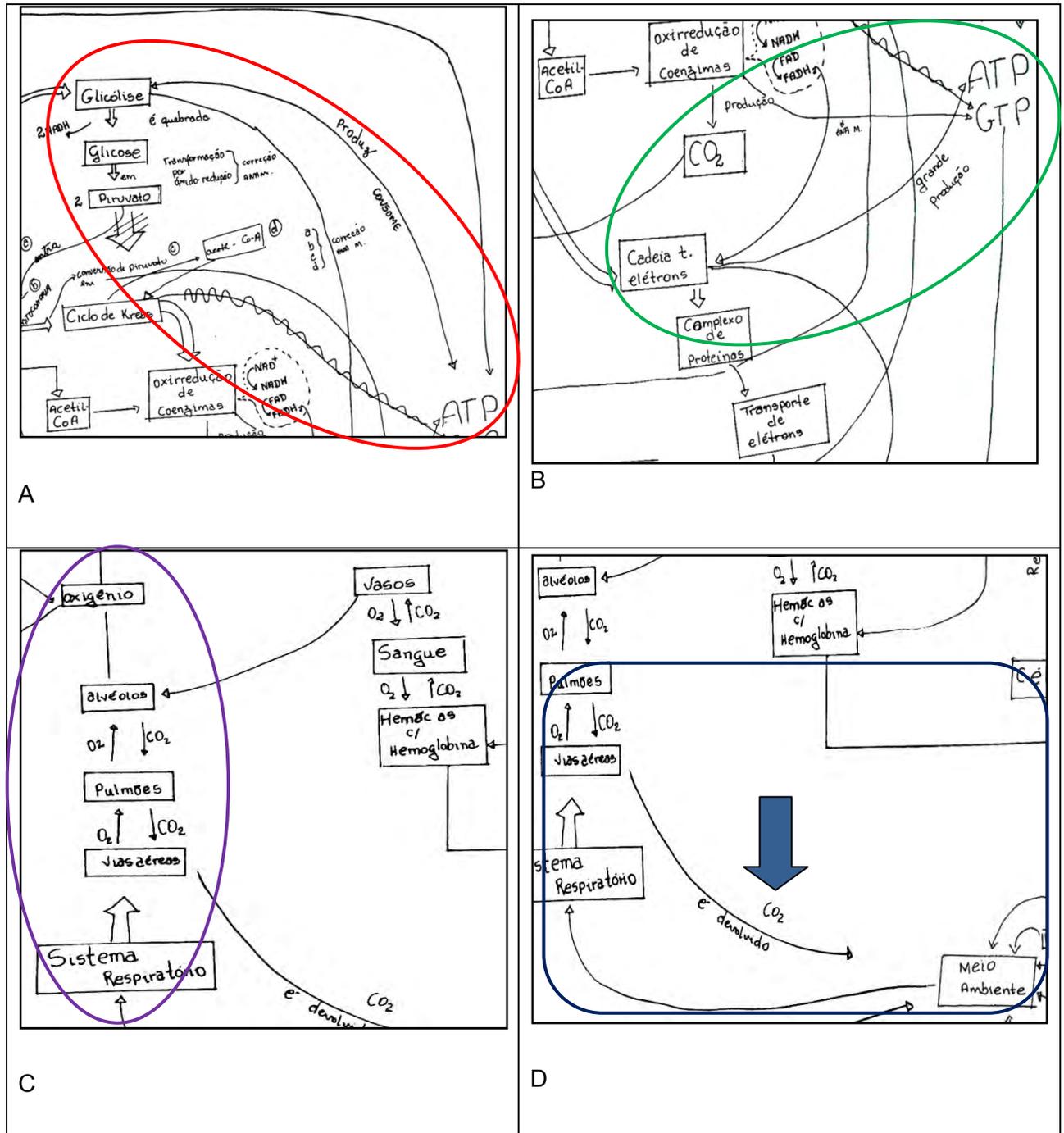
Se considerarmos a energia *per se*, recaímos em outra questão. Os estudantes da área de Ciências Biológicas têm uma imensa dificuldade em compreender o significado da energia. Prendem-se a definições superficiais herdadas das aulas de física, em que “energia é necessária para realizar trabalho”. O trabalho biológico tem características particulares e as células não são estruturadas para usar energia simples e pura para atender suas necessidades (ALBERTS *et al.*, 2010). Para tal, requerem transformações da energia potencial química dos nutrientes em uma forma utilizável – o ATP.

Tais transformações requerem glicose (oriunda da digestão) e O<sub>2</sub> (proveniente da respiração pulmonar) para alimentar um conjunto de reações metabólicas integradas, denominadas genericamente por “respiração celular”. Ou seja, o que denominamos de respiração celular é um conjunto de eventos metabólicos que requer glicose e O<sub>2</sub> como substratos. Champe *et al.* (2009) consideram que a rota glicolítica é empregada por todos os tecidos para a degradação da glicose como etapa na transformação de energia – energia contida nas ligações covalentes da molécula de glicose é utilizada para a síntese de ATP (trifosfato de adenosina).

Em outras palavras: o conceito sistêmico de respiração requer a integração de pelo menos cinco sistemas – **respiratório** (para promover a aquisição de O<sub>2</sub> e eliminação

de CO<sub>2</sub> – hematose), **digestório** (a partir do qual se obtém o principal combustível necessário para as reações metabólicas, a glicose), **circulatório** (para o transporte dos gases O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub>, “combustíveis”, como a glicose até os tecidos e células), **neuro-endócrino** (regulação do ritmo respiratório e secreção dos hormônios insulina e glucagon, necessários ao controle da glicemia) e **excretor** (para eliminação dos resíduos celulares, provenientes do metabolismo energético). As relações da energia com o metabolismo estão representadas no Quadro 5.

Figura 14 - Relações da ATP, do O<sub>2</sub> e do CO<sub>2</sub> com a respiração (MCP-1)



A, (linha vermelha) síntese de ATP na glicólise; B, (linha verde) CTE como local de síntese de ATP; C, (linha roxo) O<sub>2</sub> como requisito básico da respiração. D, (seta azul) CO<sub>2</sub> como excreta, sendo eliminado para o meio ambiente.

**Quadro 5 - Relações sistêmicas entre a energia e o organismo**

Categoria		Descrição dos parâmetros
1	Articulação da energia com os processos metabólicos do organismo	Articula à produção e ao consumo imediato. Não trata das rotas de armazenamento para o consumo posterior como os lipídios e o glicogênio.

Neste mapa, as relações de troca que se dão entre a etapa macroscópica da respiração e o meio ambiente limitam-se apenas a troca dos gases oxigênio e gás carbônico. Apesar de se verificar a presença da água e do alimento na construção do mapa, não se observa, portanto, a devolução da água nem dos resíduos provenientes da digestão dos alimentos como fenômenos que convergem para o meio ambiente, no contexto do ciclo da matéria (Quadro 6).

**Quadro 6 - Articulação do indivíduo com o meio ambiente**

Categoria		Descrição dos parâmetros
1	Relações de troca entre o indivíduo e o meio ambiente	Representa relações de troca entre os gases CO <sub>2</sub> e O <sub>2</sub> . Não se observam o alimento e a água neste contexto

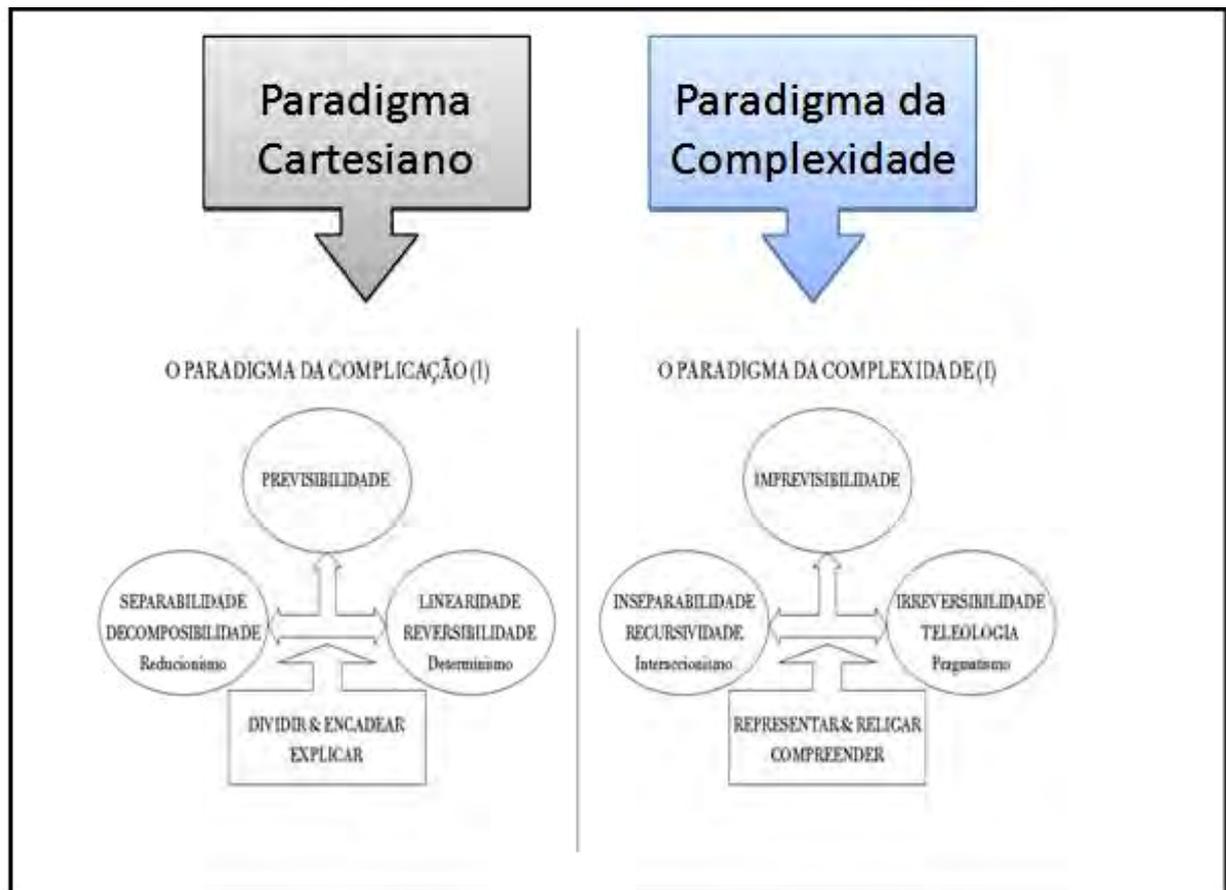
Como se pode perceber, em todo esse processo de construção do mapa que finaliza a primeira etapa, foram detectadas dificuldades que se referiam tanto à compreensão de alguns dos conceitos abordados, como em estabelecer todas as relações que envolvessem a parte macroscópica dos sistemas entre si e com os eventos microscópicos da respiração. Obteve-se, assim, a construção de um material compartimentalizado que separa completamente a respiração em dois universos, com características e fenomenologia particulares: respiração pulmonar e respiração celular. Desconsidera, em grande parte, ligações que ocorrem entre os diversos eventos que caracterizam a respiração como um fenômeno sistêmico. Esta análise apontou para lacunas que precisavam ser corrigidas.

A fragmentação e a simplificação presentes durante esta construção, apontam para a maneira como esses conhecimentos foram trabalhados pela pesquisadora durante sua formação. Acredita-se que a metodologia reducionista do ensino, muito presente nos cursos de formação de professores, tem conduzido estes estudantes a desenvolverem uma visão fragmentada dos conhecimentos impossibilitando-os de perceber as relações entre os fenômenos complexos (CARNEIRO LEÃO *et al.*, 2009).

Vale ressaltar que a perspectiva cartesiana, reducionista foi e continua a ser necessária para a evolução do pensamento científico. Para conhecer detalhadamente os fenômenos, é pertinente “separá-los” e “reduzi-los”. Entretanto, para muitos, este é o limite. Assim, este paradigma fundamentou uma visão de Ciência ainda em voga: “saber muito é conhecer detalhes”. Contudo, tem havido questionamentos a respeito do que fazer com tanta verticalização, se não é viável extrapolar este conhecimento e contextualizá-lo. Neste ponto há um aparente confronto entre os paradigmas cartesiano-positivista e o da complexidade. Le Moigne (2007) apresenta um esquema comparativo entre estas duas perspectivas (Figura 15).

Deste modo, a respiração é um exemplo que pode ser compreendida na perspectiva dos dois paradigmas. Segundo o paradigma cartesiano, a proposta é reduzir para explicar. Neste caso, estudamos os componentes anatômicos e histológicos dos órgãos do sistema respiratório, assim como os processos físicos envolvidos na inspiração e expiração. A hematose, por sua vez, é um processo de troca gasosa através dos capilares alveolares, mediada por difusão simples (diferença de concentração do  $O_2$  e  $CO_2$  entre os meios). O que acontece a partir daí requer uma perspectiva abstrata (transporte até as células via hemácias, difusão para o meio intracelular, participação deste oxigênio nos processos metabólicos de oxirredução, ou seja, “respiração celular”). Esses processos são tratados de forma isolada. Entretanto, faz-se necessário articular os fenômenos como um todo, o que fundamenta o pensamento complexo. Na visão da abordagem sistêmica, as propriedades das partes só podem ser entendidas a partir da organização do todo. De acordo com Capra (1996, p. 46): “As propriedades das partes não são propriedades intrínsecas, mas só podem ser entendidas dentro do contexto do todo maior”.

**Figura 15 – Cartesianismo versus Complexidade**



Fonte: Le Moigne (2007), modificado.

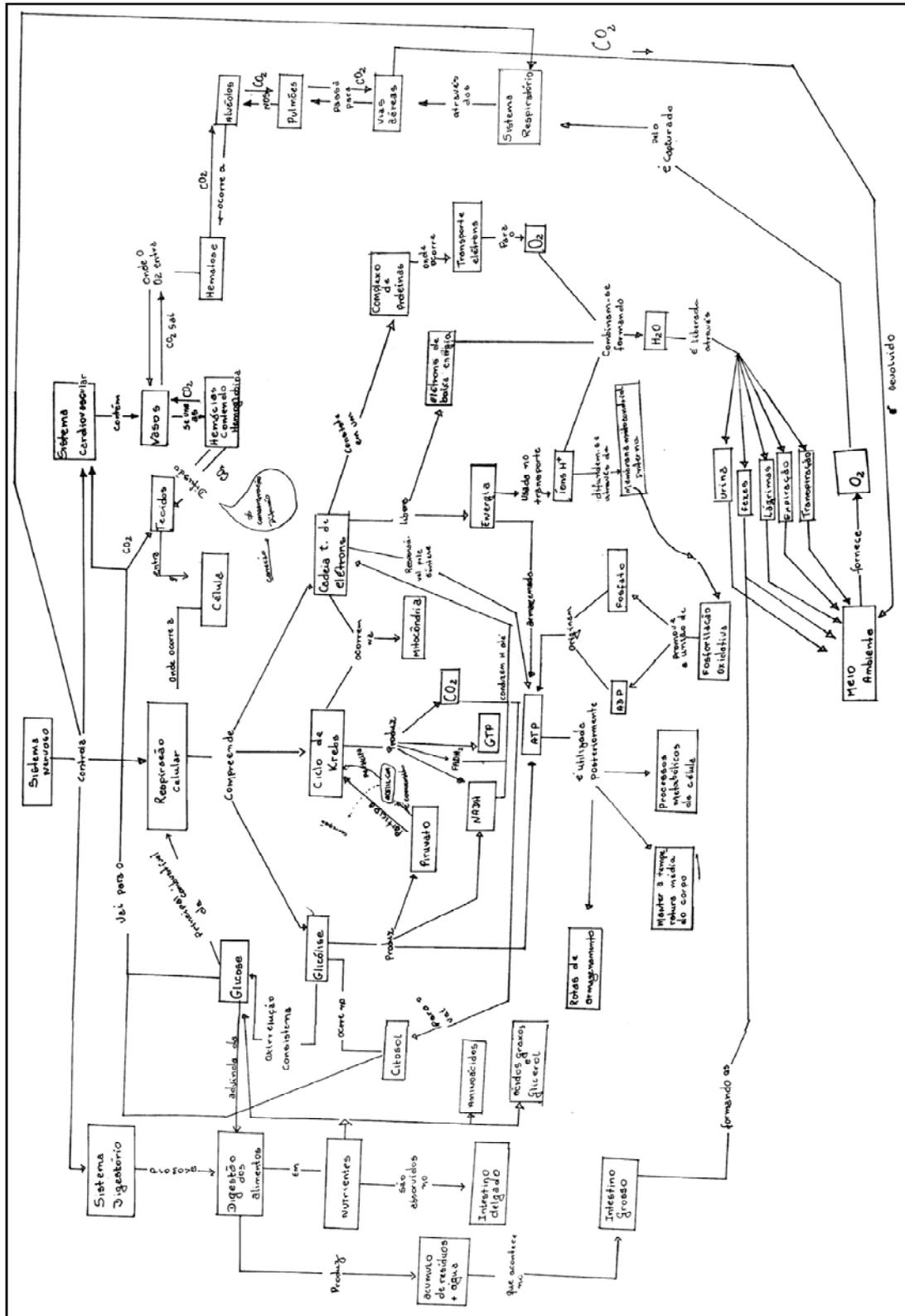
### 3.1.1.2 Análise do 2º mapa conceitual da pesquisadora (MCP-2)

A partir da análise do primeiro mapa, fez-se necessário um processo de reorganização do conhecimento. Tal fato se deu através de estudos e discussões que possibilitaram uma melhor compreensão do fenômeno estudado, viabilizando, portanto, uma nova e mais completa construção (Figura16 – Apêndice E).

Durante a construção do segundo mapa pode-se observar um avanço em vários aspectos, como a superação de algumas lacunas, presentes na primeira construção. Percebe-se este avanço através da ampliação de todo o esboço, o que tornou possível incluir um maior número de elementos, de ligações e relações entre os eventos, além do uso de conectores que permitiram compreender melhor o processo como um todo. Porém, essas considerações que permearam as abordagens macro e microscópicas não implicam em uma total superação dos obstáculos, mas em um

avanço nos aspectos conceituais e no estabelecimento de relações sistêmicas entre as estruturas e processos orgânicos que participam da respiração (Quadros 7, 8, 9,10 e 11).

Figura 16 – Representação sistêmica da respiração (MCP-2)

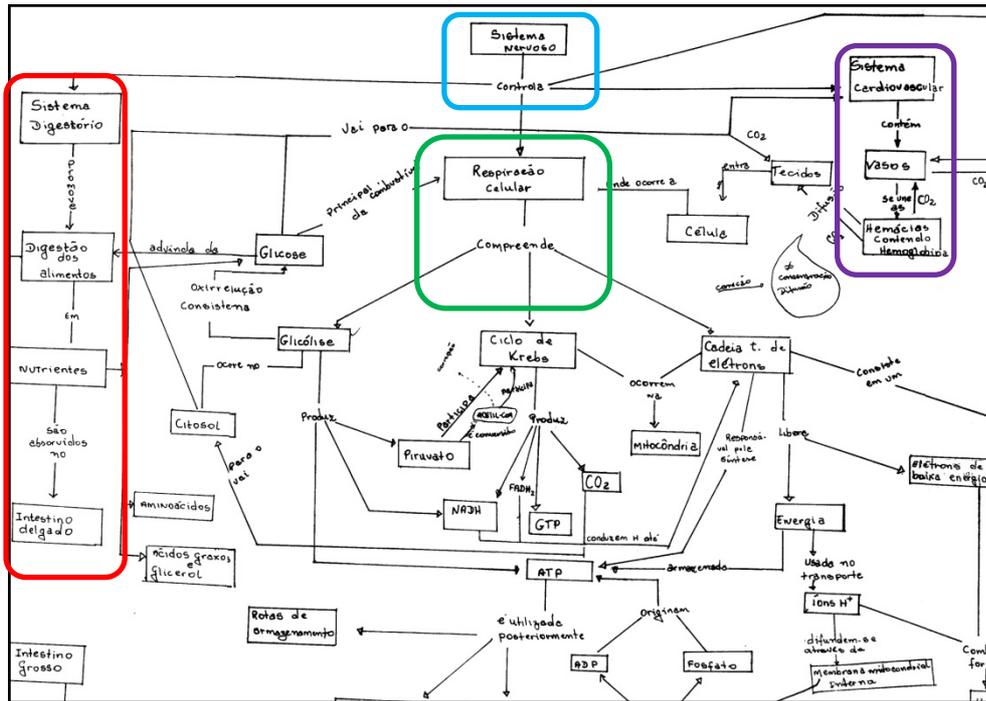


**Quadro 7 - Aspectos macroscópicos das relações sistêmicas da respiração (MCP-2)**

Categorias		Resultados observados
1	Percepção dos eventos envolvidos no processo respiratório.	Articulação entre os sistemas trabalhados, a célula e o meio ambiente.
2	Articulação dos aspectos macro e microscópicos relativos à respiração.	Fenômeno único, não havendo divisão entre respiração pulmonar e celular.
3	Relação respiração' meio ambiente.	Uma troca de gases envolvendo o indivíduo com o meio ambiente.
4	Identificação dos sistemas relacionados à respiração.	Sistemas: nervoso, respiratório, digestório e cardiovascular.
5	Articulação entre os vários sistemas e o processo respiratório.	Sistemas articulados entre si e com os fenômenos do metabolismo energético.
6	Indicação dos aspectos anatômicos dos sistemas envolvidos com a respiração.	Sistema respiratório completo em elementos, sistemas digestório e cardiovascular parcialmente completos.
7	Identificação dos aspectos fisiológicos dos sistemas envolvidos com a respiração.	No sistema digestório: quebra do alimento, absorção dos nutrientes, acúmulo dos resíduos juntamente com a água.
8	Caracterização dos elementos usados na construção do mapa.	Construção expandida devido à razoável quantidade de elementos.
9	Utilização de conectores (palavras ou expressões de ligação).	Compatível com a quantidade de ligações entre os elementos.

Nesta construção é possível identificar uma abordagem bidimensional mais ampla, incluindo o meio ambiente, o indivíduo, seus sistemas orgânicos e a célula. Tais elementos estão contextualizados de modo a viabilizar as relações da energia com o meio. Diferentemente da construção do mapa anterior, a respiração é entendida como um fenômeno único, não havendo separação entre os aspectos pulmonar e celular. Neste contexto já se pode observar uma rede de relações sistêmicas ligando os diversos sistemas do organismo e articulando-se aos fenômenos que viabilizam a respiração (Figura 17). Na perspectiva sistêmica (CAPRA, 1996) é necessário que o fenômeno seja compreendido no contexto do todo maior. Porém, apesar do significativo avanço, ainda persiste a ideia de que a respiração é um processo de troca que se dá entre o indivíduo e o meio ambiente envolvendo apenas os gases.

Figura 17 - Aspectos da articulação envolvendo sistemas, células e tecidos (MCP-2)

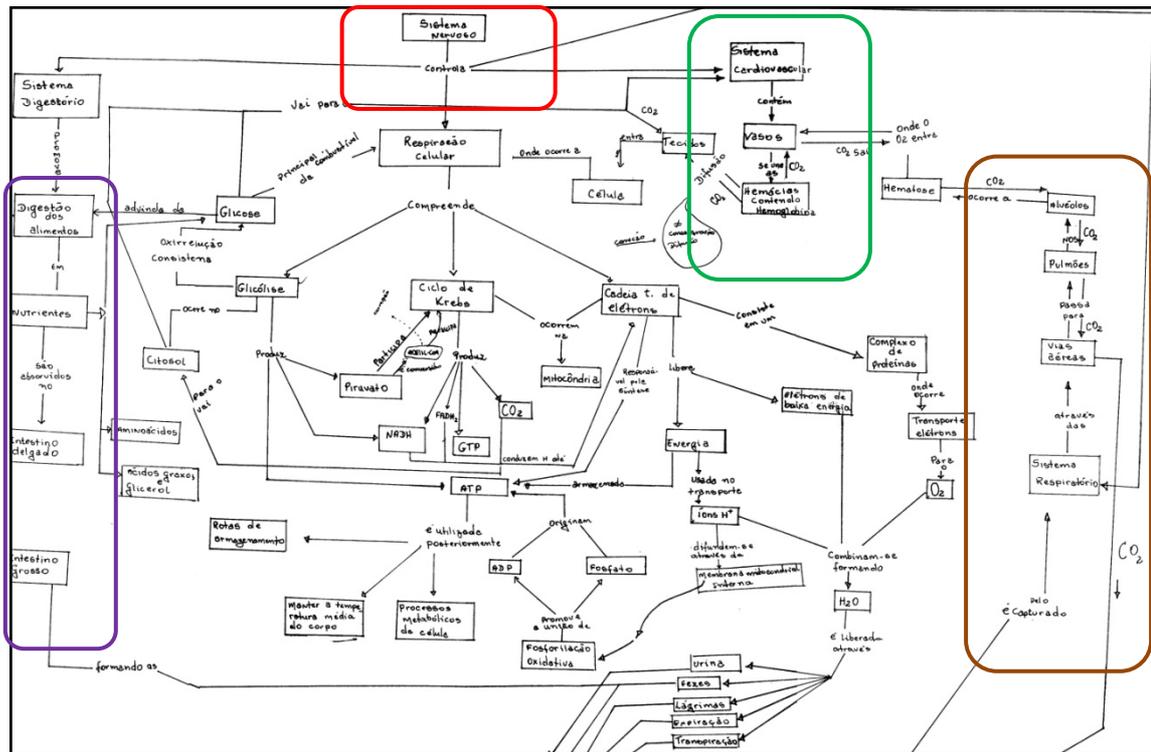


Linha vermelha, sistema digestório, digestão; Linha azul, sistema nervoso; Linha roxa, sistema cardiovascular; Linha verde, universo microscópico (morfologia).

A expansão do esboço permite visualizar um contexto envolvendo alguns dos sistemas abordados na Figura 17: sistema nervoso (linha azul), digestório (linha vermelha), cardiovascular (linha roxa). Como se pode observar, todos os sistemas se mostram conectados entre si, estrutural e fisiologicamente, quanto a aspectos macroscópicos (anatomia) e microscópicos, envolvendo tecidos e células (linha verde) para a realização do metabolismo energético.

Ainda tratando da abordagem macroscópica, é importante ressaltar um aumento no número de sistemas citados nesta construção (Figura 18). Foram acrescentados os sistemas: nervoso (linha vermelha), respiratório (linha marrom), digestório (linha roxa) e cardiovascular (linha verde) e seus elementos constituintes. Pode-se observar a inclusão do sistema nervoso, de modo interligado a todos os sistemas envolvidos, em uma posição de “comando”, no topo do mapa (linha vermelha).

Figura 18 - Representação do sistema nervoso na respiração (MCP-2)



Linha vermelha, sistema nervoso; linha roxa, sistema digestório; linha verde, sistema cardiovascular, linha marrom, sistema respiratório.

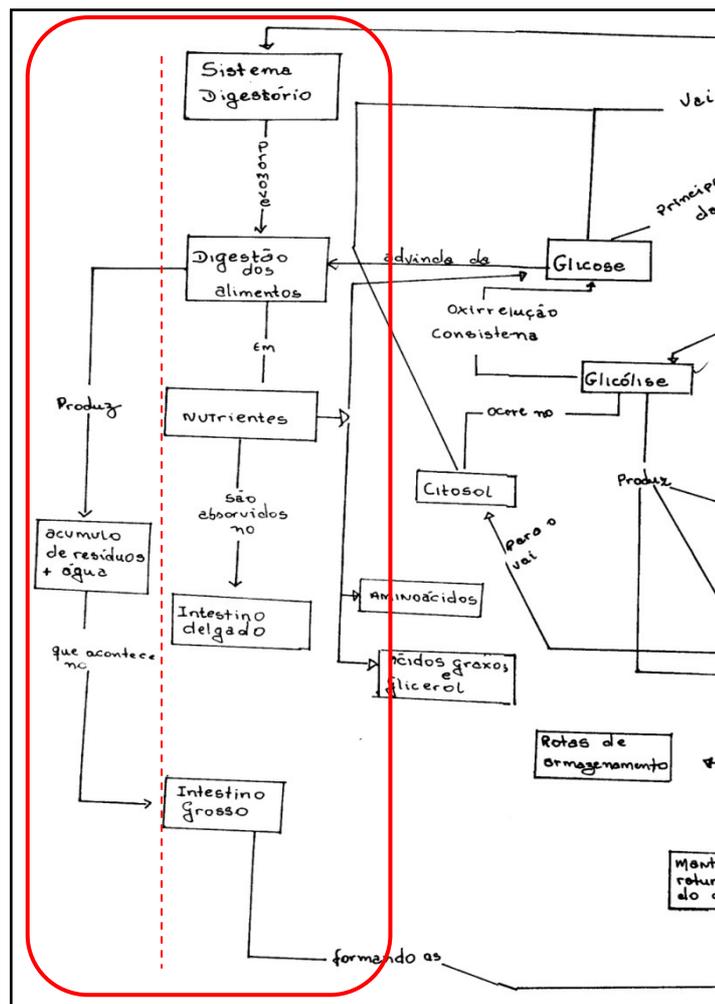
Durante a representação do sistema digestório há a introdução de novos elementos que tornam mais claro os processos digestivos, desde a absorção dos nutrientes até a produção e acúmulo de resíduos. Ainda assim, é observável uma fragmentação entre os processos que caracterizam estes eventos. A absorção dos nutrientes, assim como a produção e o acúmulo de resíduos são representados de modo fragmentado como se ocorressem em locais e situações diferentes, como mostra a Figura 19.

Apesar da inclusão de novos elementos no esboço, durante a representação de aspectos específicos de cada sistema ou fenômeno, ainda é observada uma simplificação no que se refere ao conteúdo trabalhado. Esta simplificação de um tema tão complexo, como a respiração em uma perspectiva sistêmica, pode induzir a uma falsa compreensão deste fenômeno, induzindo de acordo com Spiro *et al.* (1992), à formação e manutenção de concepções alternativas.

Neste contexto, apesar de estar mais clara a relação entre o processo digestório e o metabolismo energético, o conceito de digestão *versus* nutrientes ainda é pouco

trabalhado, pois ainda se mantém ausente a participação de substâncias importantes como água, sucos e enzimas, que atuam neste processo e dos hormônios que auxiliam este metabolismo como a insulina e o glucagon, no controle da glicemia. Da mesma forma, sugere uma percepção incompleta da composição molecular dos alimentos, posto que ou é nutriente ou é resíduo, apontando para a formatação cartesiano-positivista (MARIOTTI, 2000).

**Figura 19 - Representação da ampliação do sistema digestório (MCP-2)**

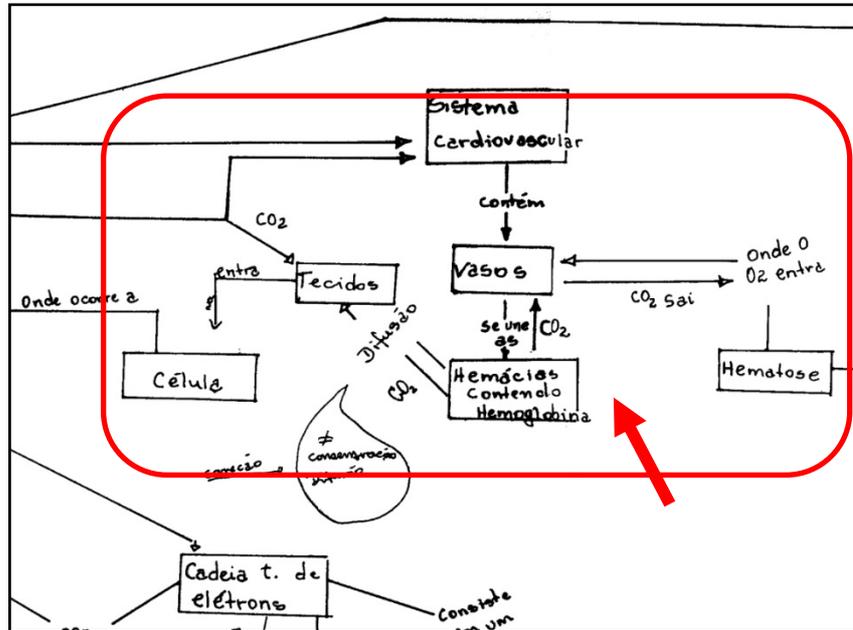


Linha contínua, ampliação do número de elementos relacionados à anatomia e fisiologia; linha pontilhada, fragmentação no processo digestivo.

Em se tratando da representação do sistema cardiovascular (Figura 20), não há inclusão de novos elementos. Observa-se, porém, uma relação mais próxima entre este sistema, os tecidos e as células, possibilitando uma maior compreensão dos processos de transporte e difusão que se dão neste contexto. Curiosamente, o coração não é citado. Existem “vasos”, onde circulam “hemácias contendo

hemoglobina” e uma relação explicitada como “onde o O<sub>2</sub> entra” e o “CO<sub>2</sub> sai”. A difusão dos gases é contemplada no transporte tecidual, mas não na hematose.

**Figura 20 - Conexões entre o sistema cardiovascular e a respiração (MCP-2)**



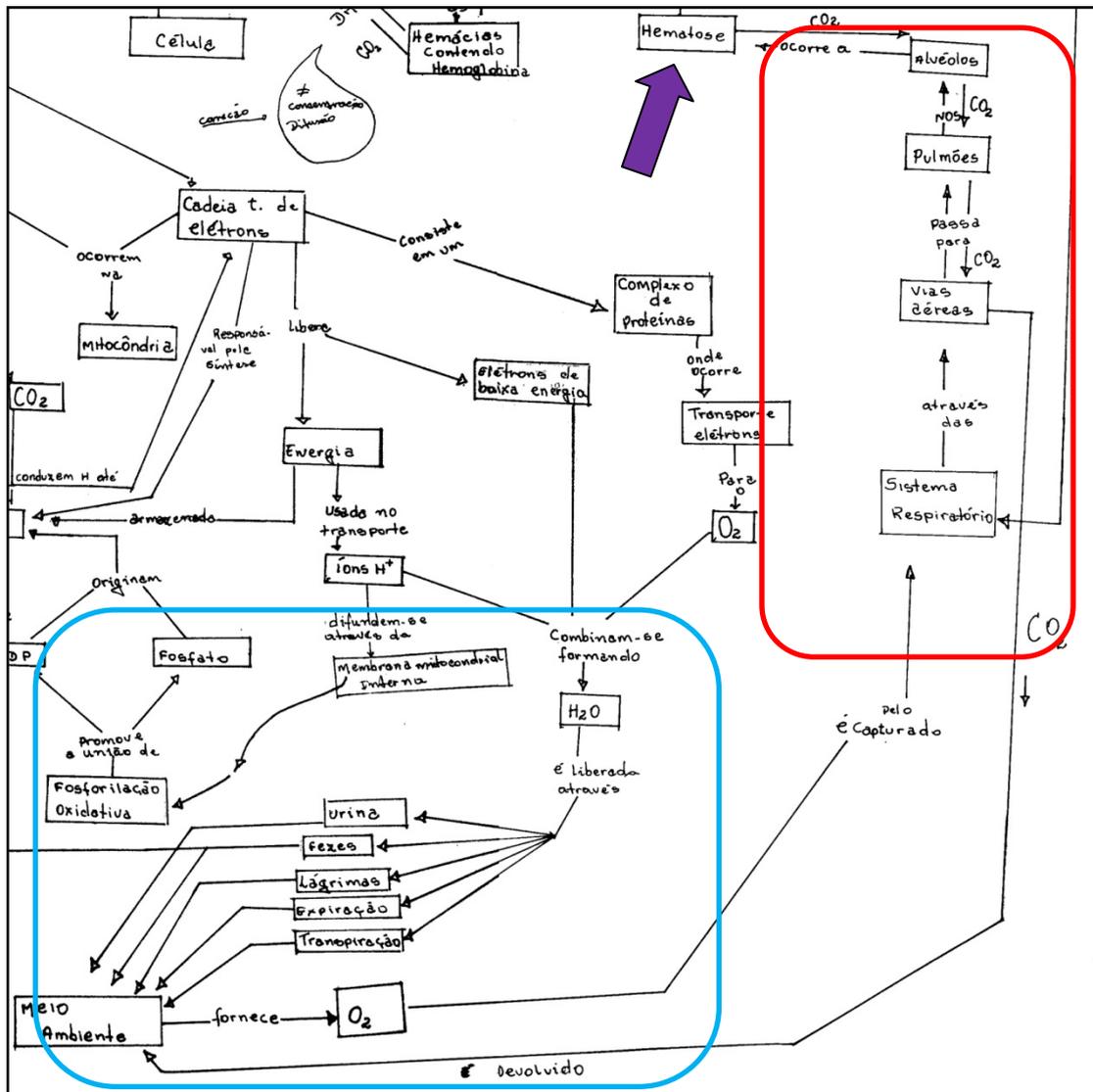
Seta vermelha, hematose como interligação.

Com relação ao sistema respiratório (Figura 21), um fato importante de ser ressaltado se refere à representação desse sistema. Esta, desde o início das construções, se mostrou completa em elementos e com intensa interação com os fenômenos da respiração pulmonar, chegando até a etapa da hematose, (Figura 21, linha vermelha).

Diferentemente do sistema respiratório, o sistema excretor não é representado durante essa construção. No entanto, a urina é citada como um produto de eliminação de H<sub>2</sub>O (endógena e exógena) para o meio ambiente, no final do processo sistêmico da respiração (Figura 21, linha azul).

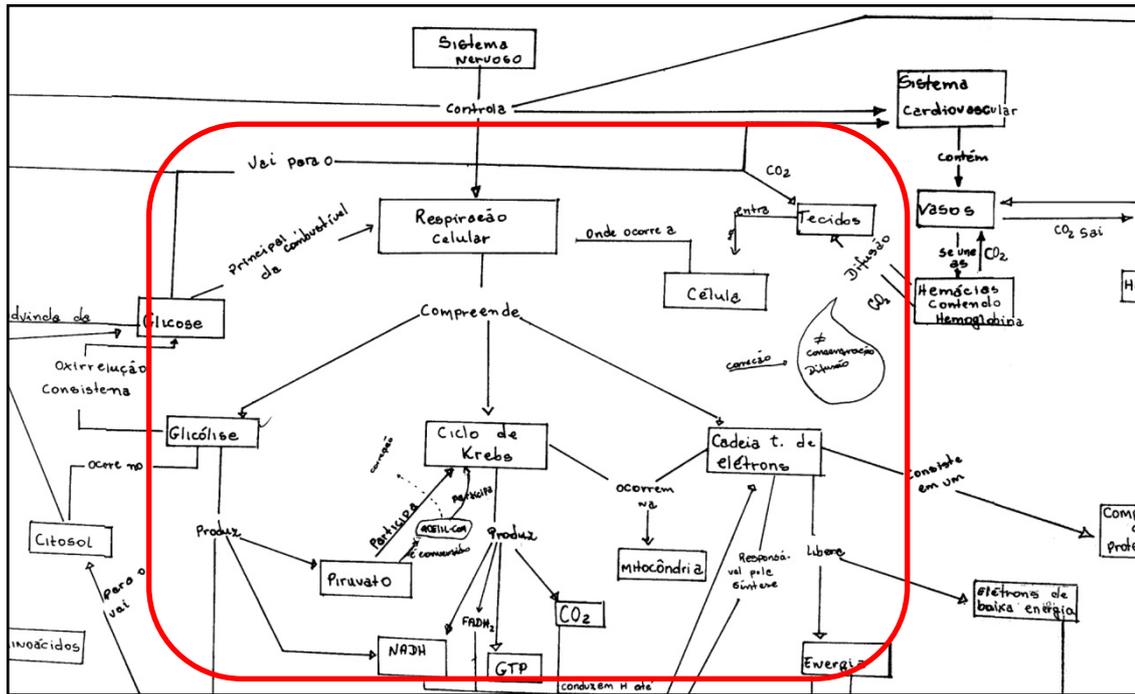
Ainda dentro de uma abordagem macroscópica, as ligações de relação sistêmica que se formaram em toda a representação, permitem uma compreensão mais articulada de todo o processo (Figura 22). Os sistemas apresentam-se interligados, envolvendo uma representação “genérica” de célula, como um elemento central, para onde os processos convergem, viabilizando o metabolismo energético que caracteriza a respiração celular.

Figura 21 - Sistema respiratório e devolução de água para o meio (MCP-2)



Linha vermelha, elementos do sistema respiratório; linha azul, água como produto de eliminação; seta roxa, hematose como elemento de transição entre o macro e o micro universos.

Figura 22 - Representação do contexto genérico da célula (MCP-2)



Linha vermelha, representação genérica do contexto celular.

Antes de atingir a célula propriamente dita, devem ser consideradas as transições que se dão entre o macro e micro universos, seja quanto à absorção dos nutrientes, seja quanto à hematose. A interpretação desse fenômeno é possível devido a quantidade de elementos que se propõem a explicá-lo. Durante essa representação, apesar de citada, ainda não é observado o processo de difusão da água, apesar de sua presença no contexto da construção (Quadro 8).

Quadro 8 - Aspectos macro e microscópicos envolvidos na respiração (MCP-2)

Categoria		Resultados observados
1	Transição entre macro e micro universos	Representa a absorção dos nutrientes e a hematose. Não se observa a difusão da água

O Quadro 9 ilustra os avanços (conceituais específicos e de interrelação) quanto à abordagem microscópica.

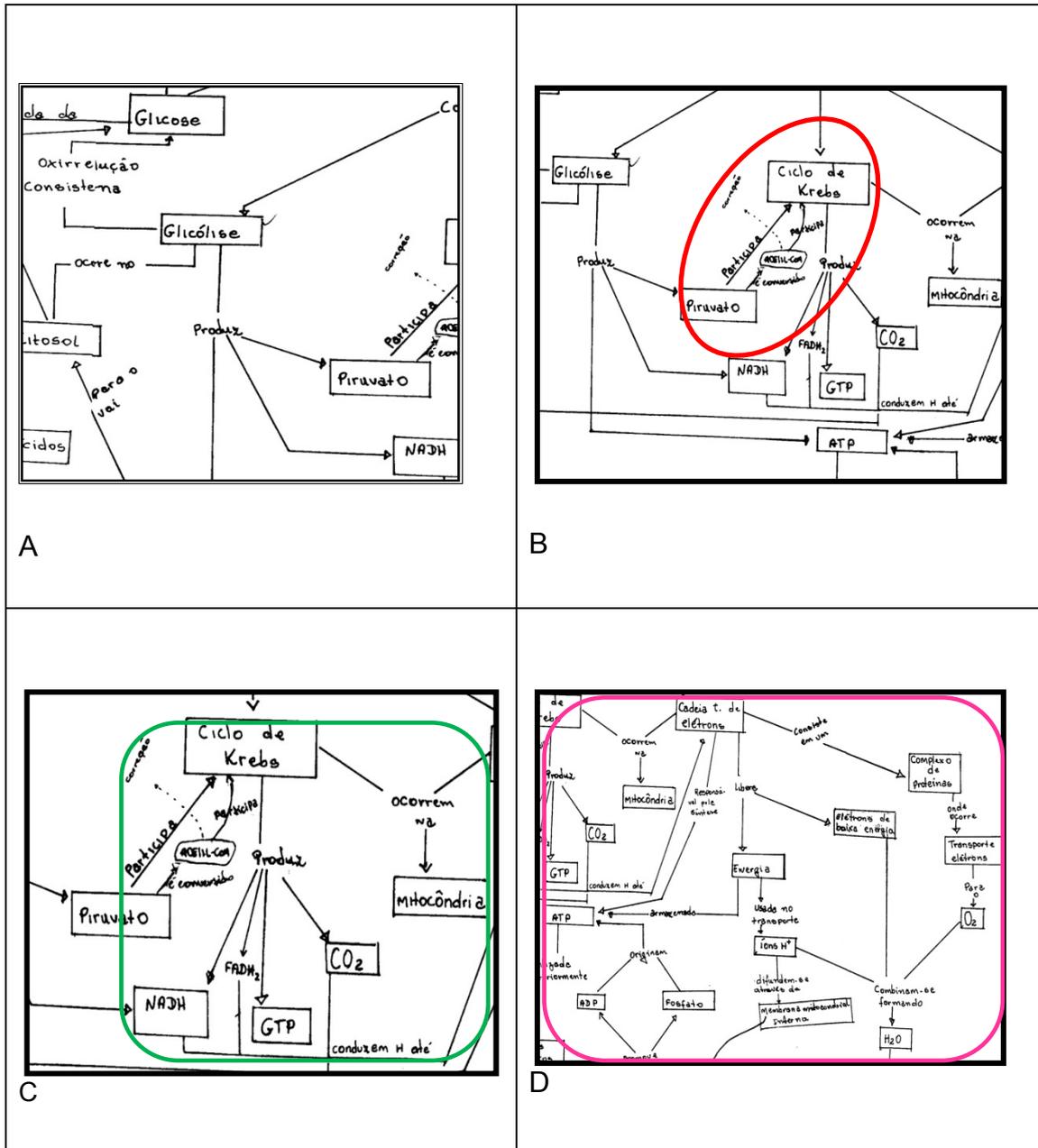
**Quadro 9 - Aspectos microscópicos das relações sistêmicas da respiração (MCP-2)**

Categorias		Resultados observados
1	Articulação da estrutura celular com os processos da respiração.	Estrutura genérica da célula centralizada, articulada a órgãos, tecidos e processos metabólicos.
2	Identificação das etapas microscópicas da respiração.	Identifica todas as etapas (glicólise, ciclo de Krebs e CTE).
3	Articulação entre os constituintes celulares e o processo respiratório.	Articulação do citosol da célula com as reações da glicólise e da mitocôndria com o ciclo de Krebs e a CTE.
4	Representação das reações características da glicólise.	Processo de oxirredução da molécula de glicose advinda da digestão em piruvato com produção de NADH, síntese e consumo de ATP.
5	Interpretação do Ciclo de Krebs.	Conjunto de reações de oxidação do piruvato (não se observa a conversão em acetil-CoA) que ocorrem na mitocôndria com produção de coenzimas reduzidas NADH e FADH <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub> e GTP.
6	Interpretação da (CTE).	Complexo de proteínas que viabiliza o transporte de elétrons de baixa energia e íons para o oxigênio, com liberação de energia promovendo a fosforilação oxidativa para síntese de ATP.
7	Compreensão da síntese de Adenosina Trifosfato (ATP).	Processo que ocorre na glicólise e na CTE e no ciclo de Krebs, GTP.
8	Relação entre a molécula de ATP e os processos metabólicos da respiração celular.	Processo que ocorre durante a glicólise e a CTE. Explica parcialmente as reações. Não trata dos rendimentos específicos de cada etapa,

Como foi observado na Figura 22, nessa construção, há uma representação lógica da célula e dos seus constituintes onde ocorrem as etapas da respiração celular. Este contexto se dá em uma rede de articulações envolvendo a célula, como uma estrutura genérica e centralizada, os órgãos, os tecidos e os processos metabólicos, que convergem para o universo celular.

Quanto às etapas que acontecem no interior da célula (respiração celular), representadas na Figura 23, os avanços conceituais não se dão de maneira uniforme.

Figura 23 - Representação das etapas da respiração (MCP-2)



A, glicólise representada de maneira articulada, porém muito simplificada; B, (linha vermelha) persistência de erro conceitual caracterizado pela inclusão direta do piruvato no Ciclo de Krebs; C, (linha verde) avanço conceitual no ciclo de Krebs, representado pela articulação de coenzimas (NADH, FADH<sub>2</sub>), liberação de gás carbônico e formação de molécula energética (GTP); D, CTE com novos elementos na formação do ATP.

A glicólise (Figura 23-A) está representada de forma articulada, porém simplificada: uma rápida transformação metabólica da glicose em piruvato com síntese e consumo de moléculas de ATP. Porém, a glicose é ligada ao processo como uma molécula advinda da digestão dos alimentos, representando o principal combustível

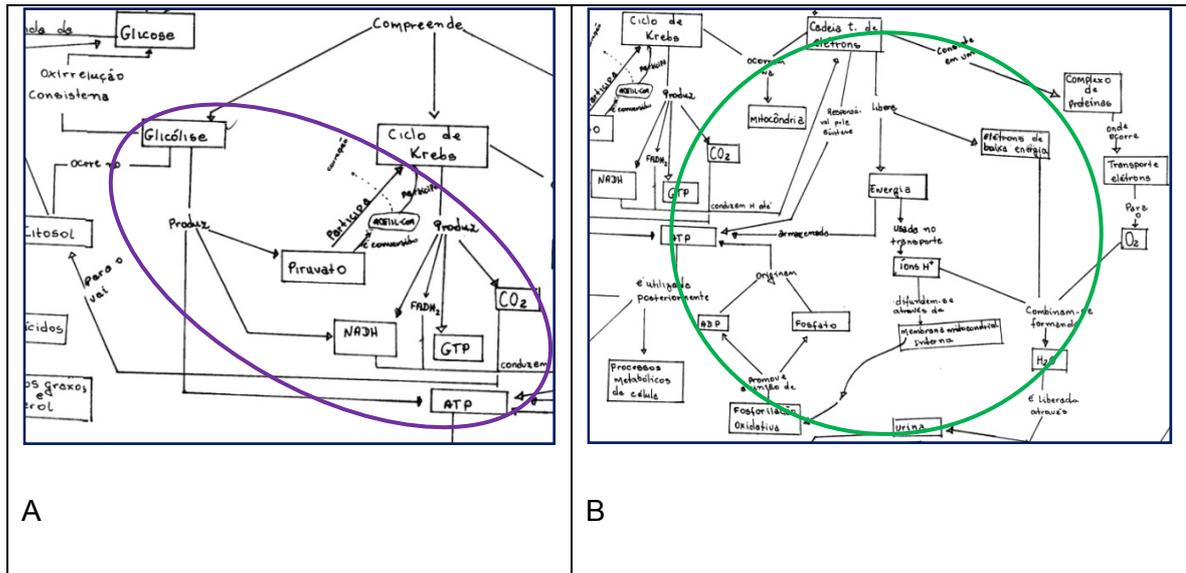
da respiração celular. Quanto a sua transformação em piruvato (Figura 23-B), ainda persiste uma distorção conceitual, relacionando a participação direta do piruvato no Ciclo de Krebs.

O Ciclo de Krebs (Figura 23-C, linha verde), em concordância com Junqueira (2000), é representado como um conjunto de reações que ocorrem na mitocôndria, produzindo  $\text{CO}_2$ , GTP, e coenzimas reduzidas, NADH e  $\text{FADH}_2$  (Figura 23-C, linha azul). Fica claro, portanto, a atuação dessas coenzimas no transporte de elétrons até a CTE para a síntese de ATP. Porém, neste mapa, ainda não há uma representação cíclica das reações que ocorrem nesta etapa, apesar da inserção de elementos importantes neste contexto, como acetil-CoA e das coenzimas NAD e FAD em sua forma reduzida, NADH e  $\text{FADH}_2$ . Observa-se que apesar do avanço, existe ainda a necessidade de aprofundamento conceitual e uma maior clareza no esboço desse ciclo de reações.

Em se tratando da cadeia transportadora de elétrons – CTE - (Figura 23-D), há uma maior quantidade de elementos que representam essa etapa. A síntese de ATP é proporcionada pela fosforilação oxidativa a partir do ADP e fosfato inorgânico, ou seja, parte da energia liberada no transporte de elétrons é capturada e armazenada em moléculas de ATP. Apesar do avanço tratado nestas considerações, observam-se acentuadas distorções conceituais quanto ao transporte de elétrons e de íons durante o percurso desses elementos até o  $\text{O}_2$ . Diferentemente de MCP-1, nesta etapa observa-se a presença do  $\text{O}_2$  como acceptor final de elétrons e na formação da molécula de água.

A relação da molécula de ATP com o contexto da respiração se dá de modo articulado apesar da simplificação redutora que ainda permeia este contexto (Figura 24).

Figura 24 - Representação da síntese de ATP (MCP-2)



A, (linha roxa) síntese de ATP na glicólise; B, (linha verde) síntese de ATP na CTE.

A síntese de ATP é indicada como um fenômeno que ocorre na glicólise e na CTE, porém as reações que explicam esse fenômeno bem como o consumo desta molécula durante sua síntese não estão detalhadas. Na glicólise há uma síntese de quatro moléculas de ATP. Duas destas moléculas são investidas como energia de ativação. Há um consumo de energia no transporte da glicose para o interior da célula, processo que terá que vencer um gradiente de concentração (baixa concentração de glicose fora da célula para concentrações maiores de glicose dentro da célula) além, da necessidade de manter esta molécula no meio celular.

Com relação à articulação da energia com os fenômenos da respiração temos uma categoria representada no quadro 10.

Quadro 10 - Relações sistêmicas entre energia e organismo

	Categoria	Resultados observados
1	Articulação da energia com os processos metabólicos do organismo	Articula ao consumo imediato do organismo e ao consumo posterior através das rotas de armazenamento. Não cita quais são as rotas de armazenamento.

Nesta construção, a energia é representada como um “fenômeno”, “algo” que supre as necessidades imediatas e posteriores do organismo. O consumo de energia está pontuado nas diversas formas de trabalho celular e, na manutenção da temperatura

do corpo (homeostase) e o seu acúmulo em moléculas que utilizam ATP na biossíntese e servem para armazenamento (glicogênio e triglicerídeos). No entanto, isso se dá de modo muito simplificado, sem mencionar como e quais seriam essas rotas de armazenamento (Figura 25).

No contexto sistêmico que envolve os fenômenos respiratórios, o indivíduo, e o meio ambiente, foi considerado o conjunto de trocas ocorridas (Quadro 11).

**Quadro 11 - Articulação do indivíduo com o meio ambiente (MCP-2)**

	Categoria	Resultados observados
1	Relações de troca entre o indivíduo e o meio ambiente	As trocas se dão entre os gases CO <sub>2</sub> e O <sub>2</sub> . Não se observa a inclusão da água e do alimento a partir do meio ambiente, porém é observada a sua devolução bem como, a dos resíduos da digestão

As relações de troca que se dão entre a representação sistêmica da respiração e o meio (Figura 26) são observadas entre os gases CO<sub>2</sub> e O<sub>2</sub>. A água e os resíduos da digestão e da excreção estão representados apenas no processo de devolução para o meio. Não é observada a inclusão da água nem do alimento a partir do meio ambiente. A citação do alimento surge na representação do sistema digestório, sem nenhuma ligação com o meio ambiente.

**Figura 25 - Formas de utilização da energia (MCP-2)**

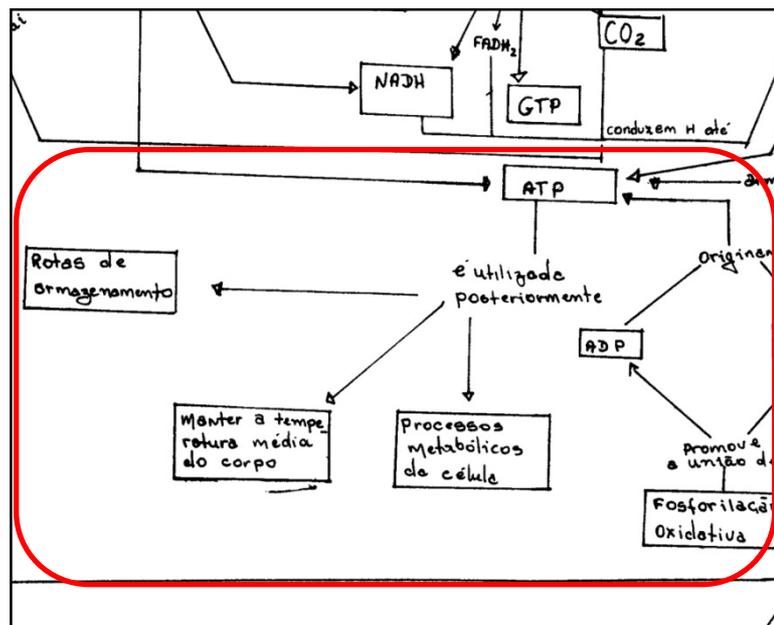
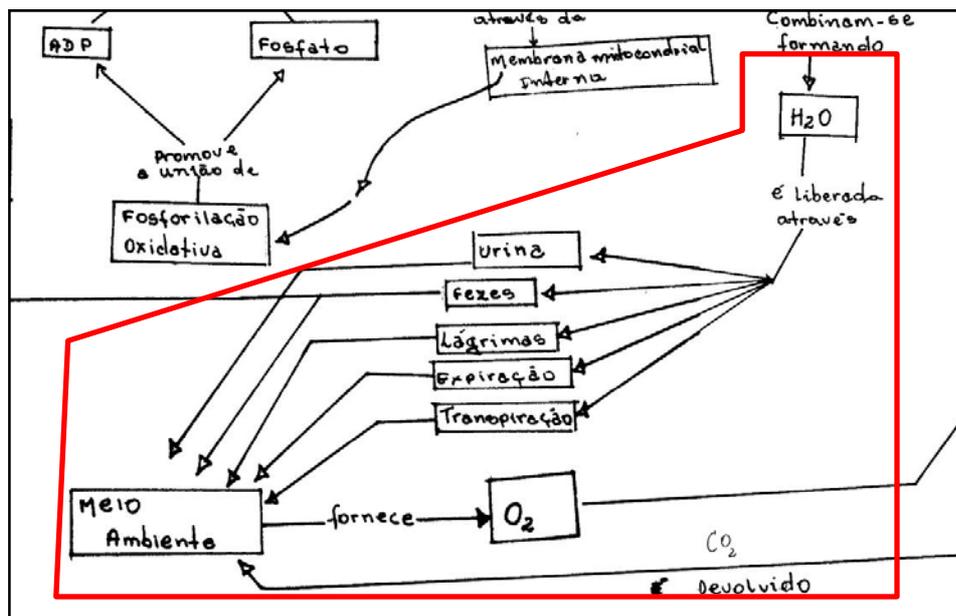


Figura 26 - Relações de troca entre indivíduo e meio ambiente (MCP-2)



Neste ponto já era evidente uma maior compreensão das relações que se dão entre os sistemas trabalhados e, destes, com os fenômenos da respiração. Este fato aponta para uma transição de paradigma rumo a uma visão sistêmica, onde os fenômenos se dão em termos de conexidade, de relação e de contexto (CAPRA 1996).

### 3.1.1.3 Análise do 3º mapa conceitual da pesquisadora (MCP-3)

Ao final da segunda etapa repetiu-se todo o procedimento avaliativo e de organização do conhecimento. Foram detectados alguns pontos que ainda se constituíam em obstáculos, como a persistência de um falho entendimento dos conteúdos da Bioquímica, apesar da relevante superação de outros pontos. Pode-se perceber, a partir dessa análise, uma evolução significativa da compreensão dos fenômenos respiratórios em parâmetros de complexidade e de relações sistêmicas.

No terceiro mapa (Figura 27 - Disponível no Apêndice F) observa-se que toda a representação foi ampliada, a partir da inclusão de novos elementos. Novas conexões e palavras chave estão apresentadas nesta construção, aumentando a possibilidade de uma leitura que conduz à compreensão sistêmica da respiração. Trata-se ainda de um mapa bidimensional, mas a forma de representar as conexões (com linhas passando acima e abaixo de outras) aponta para a expressão “tridimensional” deste mapa. Em todo o esboço, há uma íntima relação entre os

aspectos do macro e do micro universos, como aspectos que se sobrepõem, caracterizando a respiração como um único fenômeno.

Curiosamente, o avanço conceitual causou um problema para analisar este mapa. Segundo Mariotti (2000), nossa mente está “formatada” para a separação cartesiana. Compreendemos uma análise apenas a partir da separação e discussão de vários recortes. Entretanto, depois de atingir essa formatação sistêmica, como fragmentar MCP-3 para estudar suas partes? É possível identificar categorias, mas é extremamente difícil apontar trechos ou áreas do mapa que ilustrem isoladamente cada aspecto analisado. Assim, MCP-3 causa sensações de estranheza, dificuldade de leitura e rejeição, semelhantes às descritas por Carneiro-Leão *et al.* (2010), relacionando a tela inicial da fase cubista de Picasso (“Les Demoiselles d’Avignon”, 1907) à transições paradigmáticas importantes (linear-sistêmico):

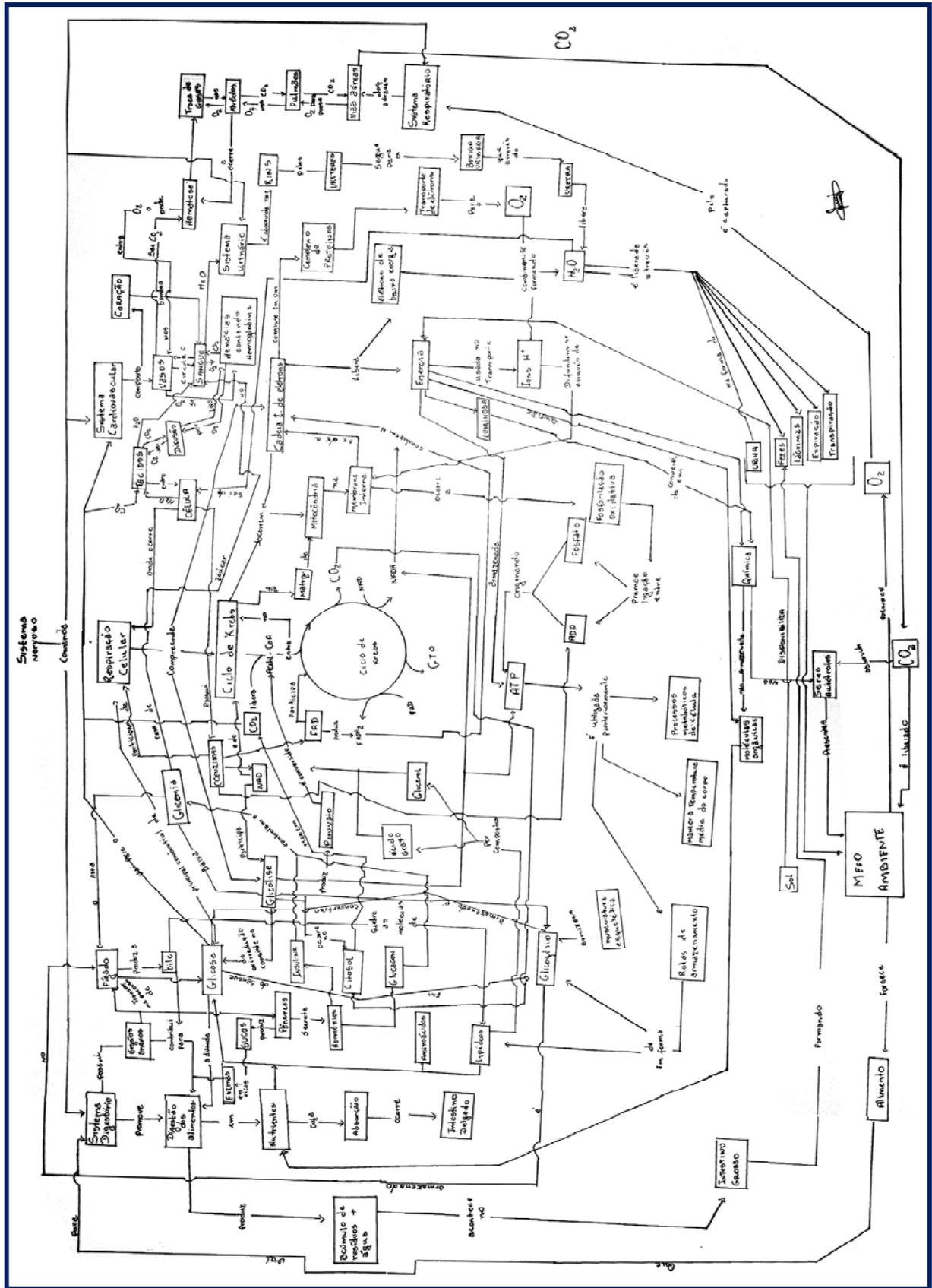
No Ensino de Biologia é notória a desarticulação entre os universos macro e microscópicos. A tentativa de articular os sistemas biológicos, de forma antropocêntrica e em ordem decrescente de dimensão (sistemas, órgãos, tecidos, células, organelas, macromoléculas, monômeros constituintes e, por fim, os átomos), reforça uma visão de linearidade, além de facilitar ainda mais a fragmentação curricular. Por outro lado, a desarticulação entre esses níveis hierárquicos estruturais provoca uma alienação na forma de conceber o indivíduo como um todo articulado *per si* e parte integrante das populações, comunidades, ecossistemas e do próprio planeta (biosfera). Parece, então, importante analisar metodologias utilizadas no Ensino de Biologia que permitam articular estrutura e função, identificando os princípios básicos que permeiam os fenômenos. Deste modo, seria possível facilitar a compreensão da existência e da interconexão dos dois universos (micro e macro) em um todo. Isto se reflete, por exemplo, na observação de que os conhecimentos trabalhados na escola não possuem relação com as experiências do cotidiano, como por exemplo, o ato de comer e respirar (CARNEIRO-LEÃO *et al.*, 2010, p. 4).

Entretanto, mesmo consciente da perspectiva cartesiana, este mapa será analisado a partir das categorias propostas, tendo em vista a dificuldade de uma descrição simultânea das duas abordagens macro e microscópicas, que viabilizam a compreensão da respiração em termos de sistemicidade (Quadros 12, 13, 14, 15 e 16).

**Quadro 12 - Aspectos macroscópicos das relações sistêmicas da respiração**

<b>Categorias</b>		<b>Resultados observados</b>
1-	Percepção dos eventos envolvidos no processo respiratório.	Articulação entre os sistemas trabalhados, a célula, as reações que viabilizam o metabolismo energético e as trocas com o meio ambiente.
2-	Articulação dos aspectos macro e microscópicos relativos à respiração.	Não há divisão entre os aspectos pulmonar e celular. Há uma articulação entre os dois aspectos revelando a respiração como um fenômeno único.
3-	Relação respiração-meio ambiente.	Conjunto de trocas envolvendo gases, alimento/resíduos alimentares e água que se dá entre o indivíduo e o meio ambiente.
4-	Identificação dos sistemas relacionados à respiração.	Sistemas: nervoso, respiratório, digestório, cardiovascular e excretor.
5-	Articulação entre os vários sistemas e o processo respiratório.	Sistemas articulados entre si, com os fenômenos que caracterizam a respiração e com o meio ambiente.
6-	Indicação dos aspectos anatômicos dos sistemas envolvidos com a respiração.	Sistemas completos em elementos.
7	Identificação dos aspectos fisiológicos dos sistemas envolvidos com a respiração.	No sistema digestório: processos mecânicos da quebra do alimento, formação e eliminação dos resíduos e processos químicos relacionados à ação de sucos, enzimas e hormônios; no sistema cardiovascular: transporte de substâncias; no sistema respiratório: transporte e troca de gases; No sistema excretor eliminação de água e resíduos tóxicos.
8	Caracterização dos elementos usados na construção do mapa.	Construção expandida devido à enorme quantidade de elementos.
9	Utilização de conectores (palavras ou expressões de ligação).	Compatível com a quantidade de ligações entre os elementos.

Figura 27 - Representação sistêmica da respiração (MCP-3)

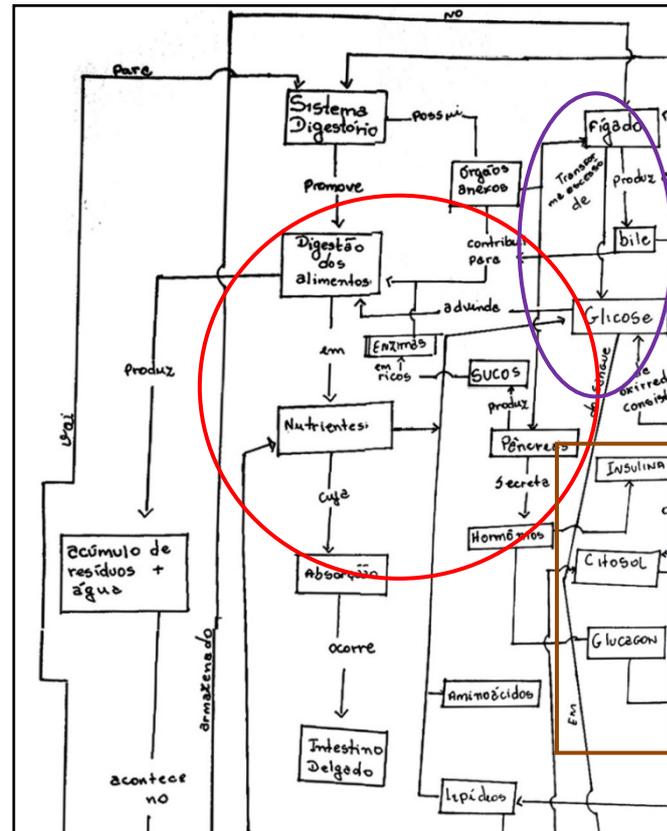


Com relação à abordagem macroscópica, observa-se uma rede de relações que se estende entre os sistemas, o indivíduo e o meio ambiente. Neste contexto a respiração pode ser entendida como um fenômeno único e de grande complexidade, que envolve um conjunto de trocas com o meio ambiente não apenas de gases, mas de substâncias como alimento/resíduos alimentares e água.

Em se tratando do número de sistemas trabalhados, é observada a inclusão de um novo sistema, o excretor. Esta nova construção está completada pelos sistemas: nervoso, digestório, cardiovascular, respiratório e excretor. Todos estes sistemas estão representados de maneira articulada, formando uma teia de ligações que envolvem os aspectos anatômicos, fisiológicos e reações que participam direta ou indiretamente do metabolismo energético da célula.

Durante a representação dos sistemas (Figura 28), há uma inclusão de novos elementos no esboço que trata do sistema digestório, que são os órgãos anexos: pâncreas e fígado. Neste contexto há toda uma explicação, através de conectores presentes nas ligações, da participação de enzimas pancreáticas (linha vermelha) e da bile (linha roxa) no processo digestório além, da participação dos hormônios (do pâncreas endócrino) no controle da glicemia (linha marrom).

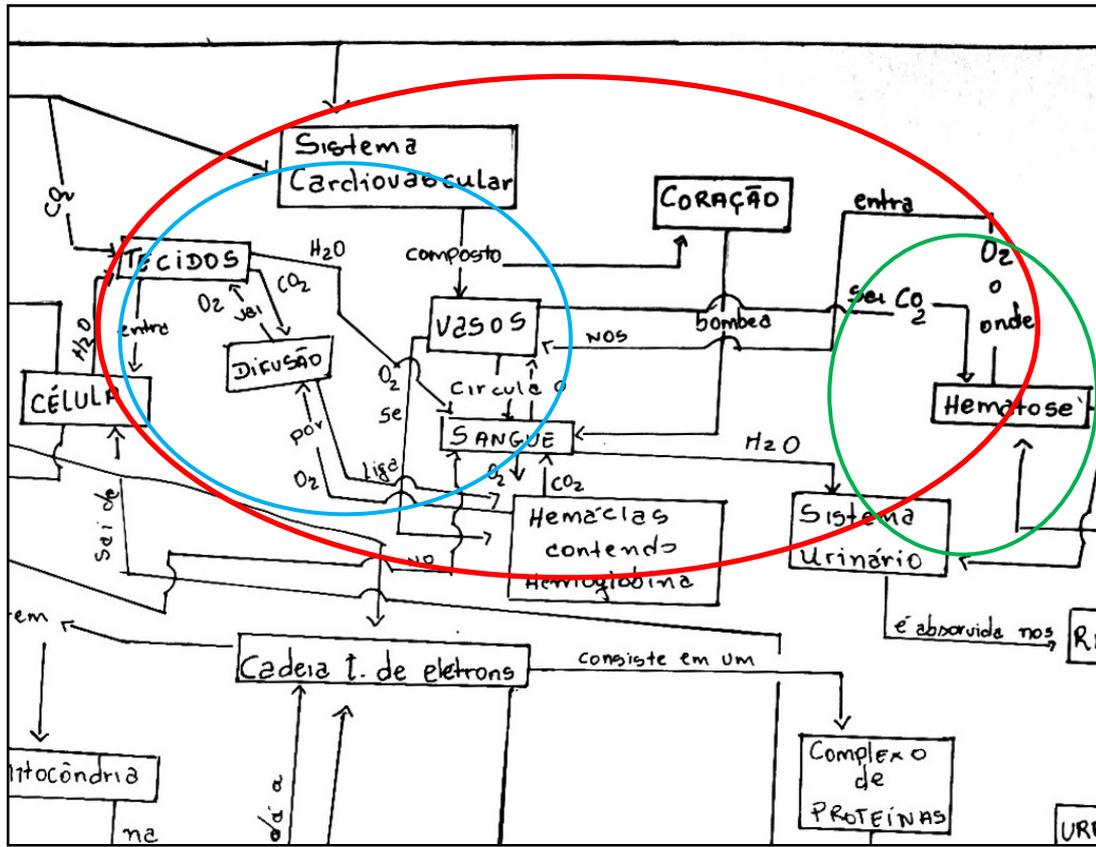
Figura 28 - Representação sistêmica dos processos digestórios



Linha vermelha, participação de sucos ricos em enzimas nos processos digestórios; linha roxa, bile como substância emulsificadora de gorduras; linha marrom atividade hormonal para controle da glicemia.

Com relação ao sistema cardiovascular (Figura 29), há uma representação completa em elementos que dizem respeito tanto aos aspectos anatômicos e fisiológicos, como aos aspectos de interrelação com o todo.

Figura 29 - Articulação do sistema cardiovascular no contexto da respiração (MCP-3)

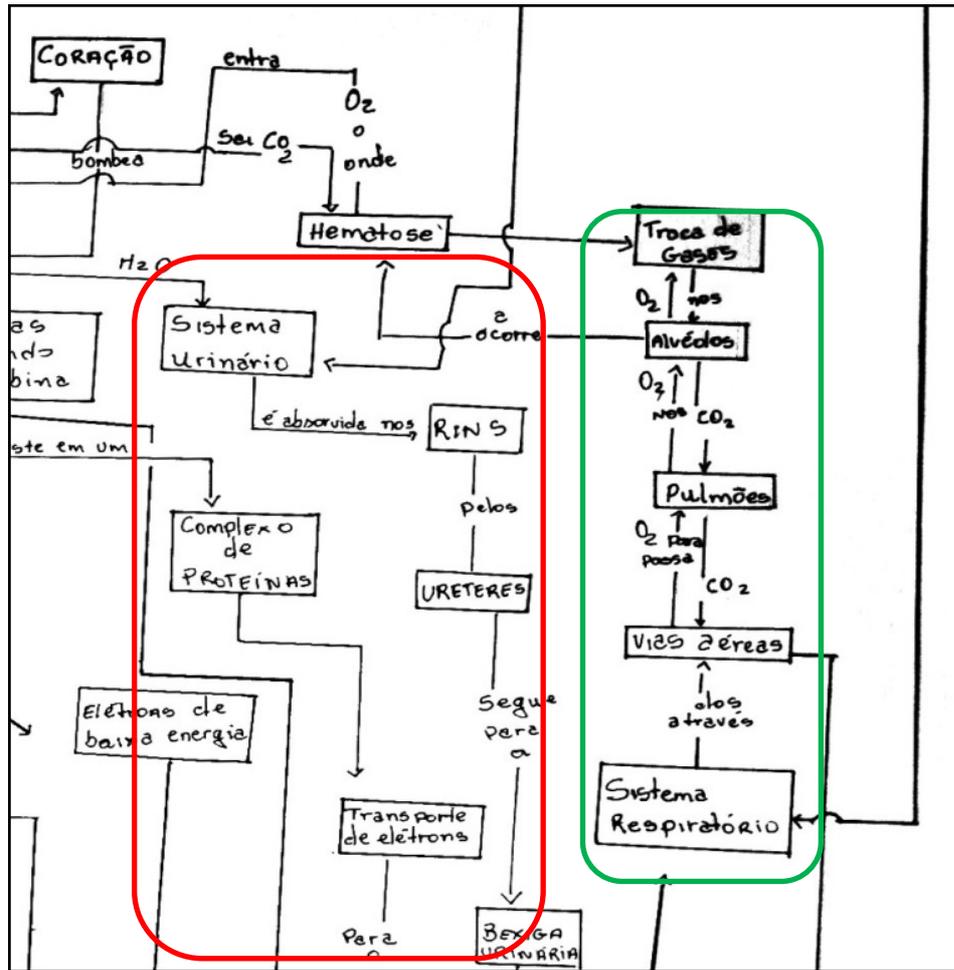


Linha vermelha, elementos do sistema cardiovascular e condução de substâncias; linha verde, hematose como um processo de transição entre o macro e micro universo; linha azul, difusão de água também como um processo de transição.

Deste modo, torna-se possível uma compreensão articulada e contextualizada dos elementos que compõem este sistema com os processos circulatório e de transporte de substâncias que participam do fenômeno respiratório. É o caso da condução da água e dos gases (Figura 29, linha vermelha), bem como dos fenômenos de transição destas substâncias entre o macro e o micro universo, como a hematose (linha verde) e a difusão de água (linha azul).

O sistema respiratório (Figura 30), assim como na construção anterior, continua sendo representado de maneira interligada aos demais sistemas e aos fenômenos da respiração, como pode ser visualizado (Linha verde).

Figura 30 - Representação dos sistemas respiratório e excretor (MCP-3)

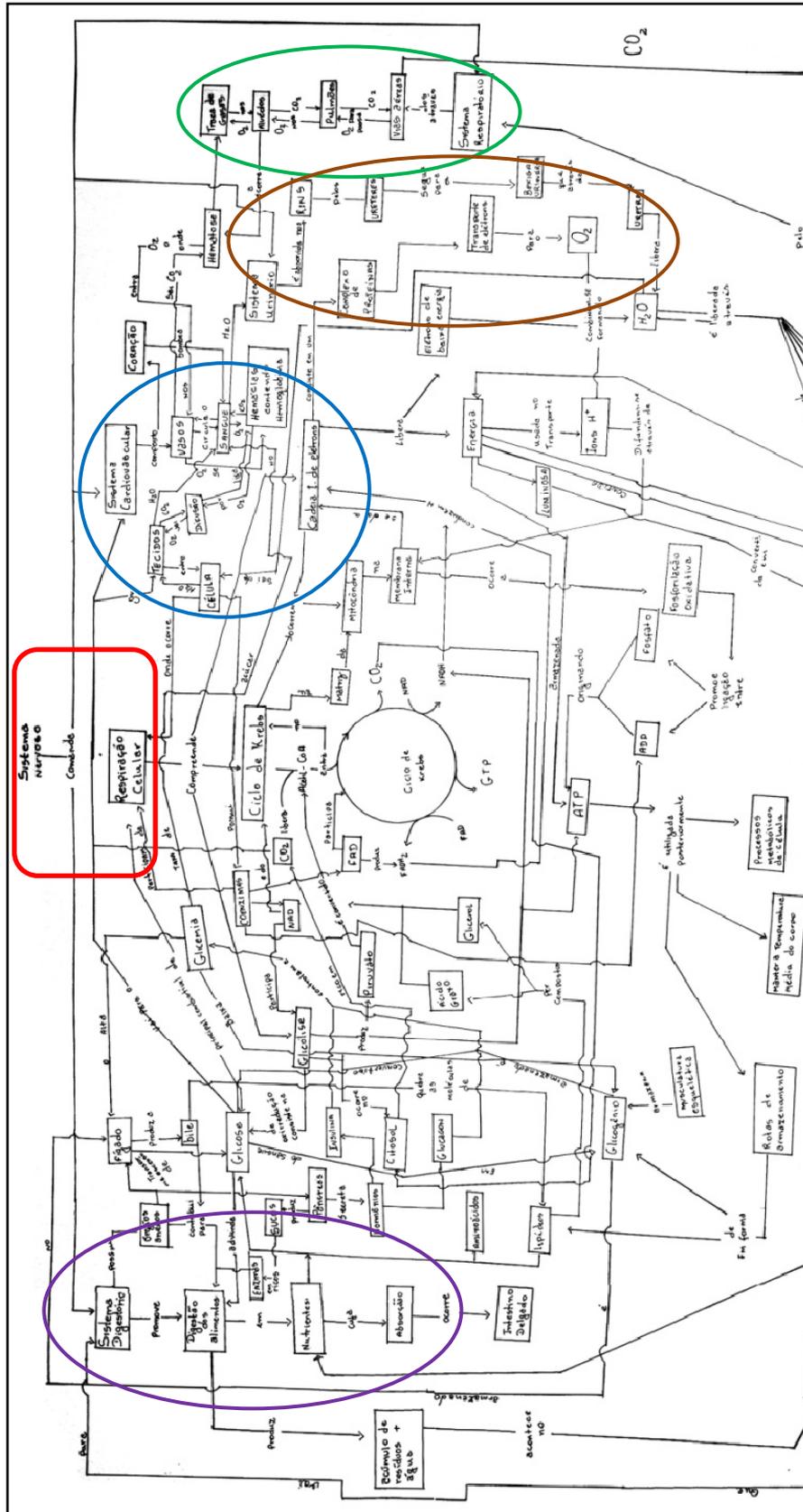


Linha verde, representação anatômica do sistema respiratório; linha vermelha, representação anatômica do sistema excretor.

No entanto o sistema excretor, que não se encontra nas construções anteriores, surge neste mapa, com uma representação completa em elementos, que permite uma compreensão lógica de sua função no processo sistêmico da respiração (Figura 30, Linha vermelha)

Nas relações de articulação presentes entre os sistemas, é notável durante esta construção, a importância do sistema nervoso no comando das funções de cada um dos sistemas, possibilitando o funcionamento simultâneo e coordenado dos mesmos e, deste modo, viabilizando processos de suma importância no fenômeno respiratório (Figura 31).

Figura 31 - Recorte do comando nervoso no contexto da respiração (MCP-3)



Linha vermelha, sistema nervoso no comando do contexto respiratório; linha roxa, sistema digestório; linha azul, sistema cardiovascular; linha marrom, sistema urinário; linha verde, sistema respiratório.

Nos aspectos que envolvem relações conjuntas do macro e micro universos caracterizadas como relações de transição, também é observado um avanço (Quadro 13).

**Quadro 13 - Aspectos macro e microscópicos da respiração**

Categoria		Descrição dos parâmetros
1	Transição entre o macro e micro universos	Representa a absorção dos nutrientes, a hematose e a difusão de água

Como se pode observar, na abordagem microscópica ilustrada na Figura 32, as representações das transições que se dão entre o macro e o micro universos ganham um novo elemento, a difusão da água. Portanto, esta representação de transição se dá em um contexto de relações que aborda a absorção dos nutrientes na digestão (Figura 32-A, linha vermelha) as trocas gasosas que constituem a hematose (Figura 32-B, linha azul) e a difusão da água no contexto da célula (Figura 32-C, linha roxa).



Ainda com relação à abordagem microscópica, o avanço que se dá no âmbito conceitual e sistêmico é percebido de modo mais expressivo, uma vez que é observada uma maior e mais significativa compreensão dos conceitos da Bioquímica viabilizando o entendimento sistêmico (Quadro 14).

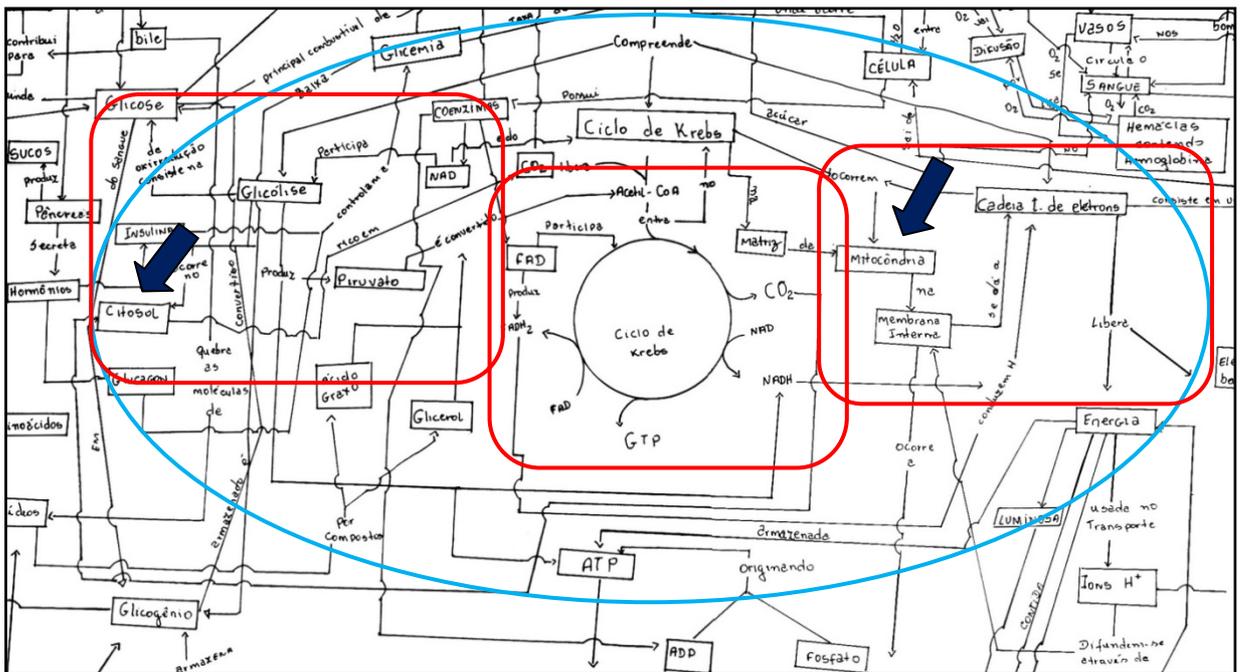
**Quadro 14 - Aspectos microscópicos das relações sistêmicas da respiração**

Categorias		Parâmetros
1-	Articulação da estrutura celular com os processos da respiração.	Estrutura celular articulada a sistemas, tecidos, processos fisiológicos e trocas com o meio
2-	Identificação das etapas microscópicas da respiração.	Glicólise, Ciclo de Krebs e Cadeia transportadora de elétrons.
3-	Articulação entre os constituintes celulares e o processo respiratório.	Articulação do citosol com a glicólise, da matriz mitocondrial com o ciclo de Krebs e da membrana interna mitocondrial com a CTE.
4-	Representação das reações características da glicólise.	Rota glicolítica para a degradação da molécula de glicose em piruvato com síntese e consumo de ATP e produção de coenzima reduzida (NADH).
5-	Interpretação do Ciclo de Krebs.	Conjunto de reações cíclicas com função de oxidação do acetil-CoA à CO <sub>2</sub> com produção de coenzimas reduzida, NADH e FADH <sub>2</sub> e síntese de GTP.
6-	Interpretação da CTE.	Complexo de proteínas dispostas na membrana mitocondrial interna possibilita a condução de elétrons das coenzimas NADH e FADH <sub>2</sub> até o oxigênio com grande síntese de ATP e água.
7-	Explicação da síntese de ATP.	Processo que ocorre na glicólise e na CTE e no ciclo de Krebs, com síntese de GTP.
8-	Relação entre a molécula de ATP e os processos metabólicos da respiração celular.	Relação de síntese e consumo que se dá tanto no contexto da célula como no contexto do organismo.

A Figura 33 vem ilustrar uma representação genérica da célula em interação com o metabolismo energético. Nessa construção, há toda uma representação articulada do que ocorre no contexto da célula (linha azul) - entre os seus constituintes - ou seja, os fenômenos característicos da respiração (setas azuis) e as etapas que representam estes fenômenos como sendo um complexo de reações que converge para a transformação da energia (linhas vermelhas). Este contexto de articulação se

estende além dos limites da célula, envolvendo estruturas e processos do meio extra-celular como os tecidos, os processos fisiológicos característicos de cada sistema e os processos de troca que se dão entre o organismo e o meio ambiente.

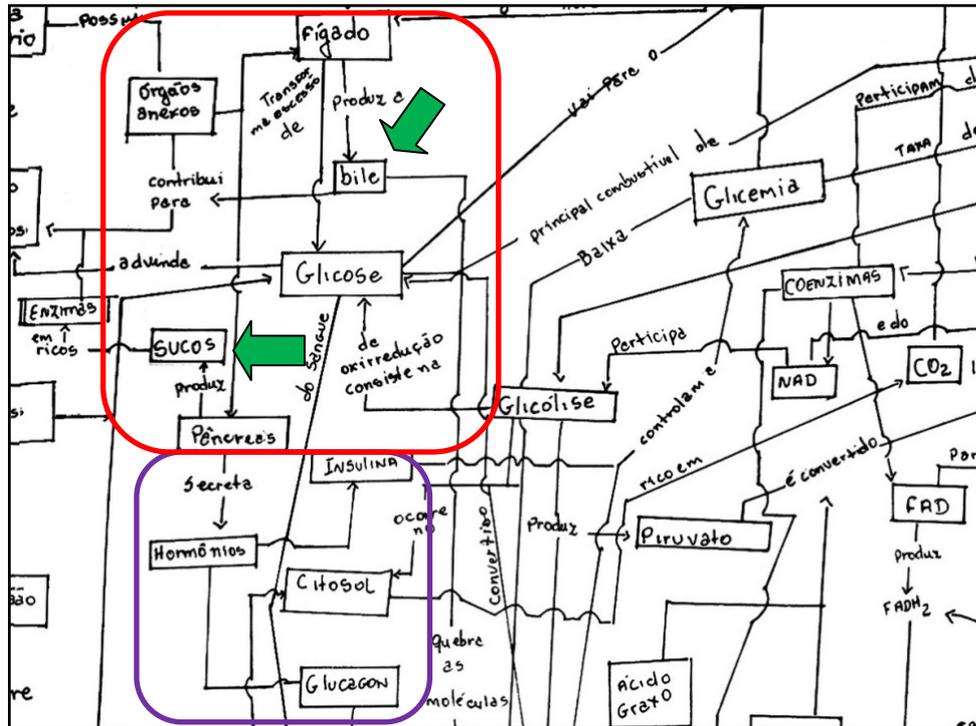
**Figura 33 - Articulação da célula no contexto da respiração (MCP-3)**



Linha azul representação do contexto da célula; setas azuis, constituintes celulares como sítio de ocorrência das etapas da respiração celular (citosol e mitocôndria); linhas vermelhas, etapas da respiração celular.

Há também toda uma articulação da atividade hormonal, insulina e glucagon, no controle da glicemia e de enzimas facilitadoras da quebra do alimento em seus elementos constituintes (Figura 34). Entre estes, destaca-se a glicose ligando-se diretamente à “produção” de energia como principal combustível da respiração celular (LEHNINGER *et al.*, 2006). A representação de que estamos tratando, tornou-se possível a partir da inclusão de elementos significativos de aspectos anatômicos e fisiológicos que não foram observados em construções anteriores.

Figura 34 - Órgãos anexos, enzimas digestivas e hormônios no controle da glicemia.



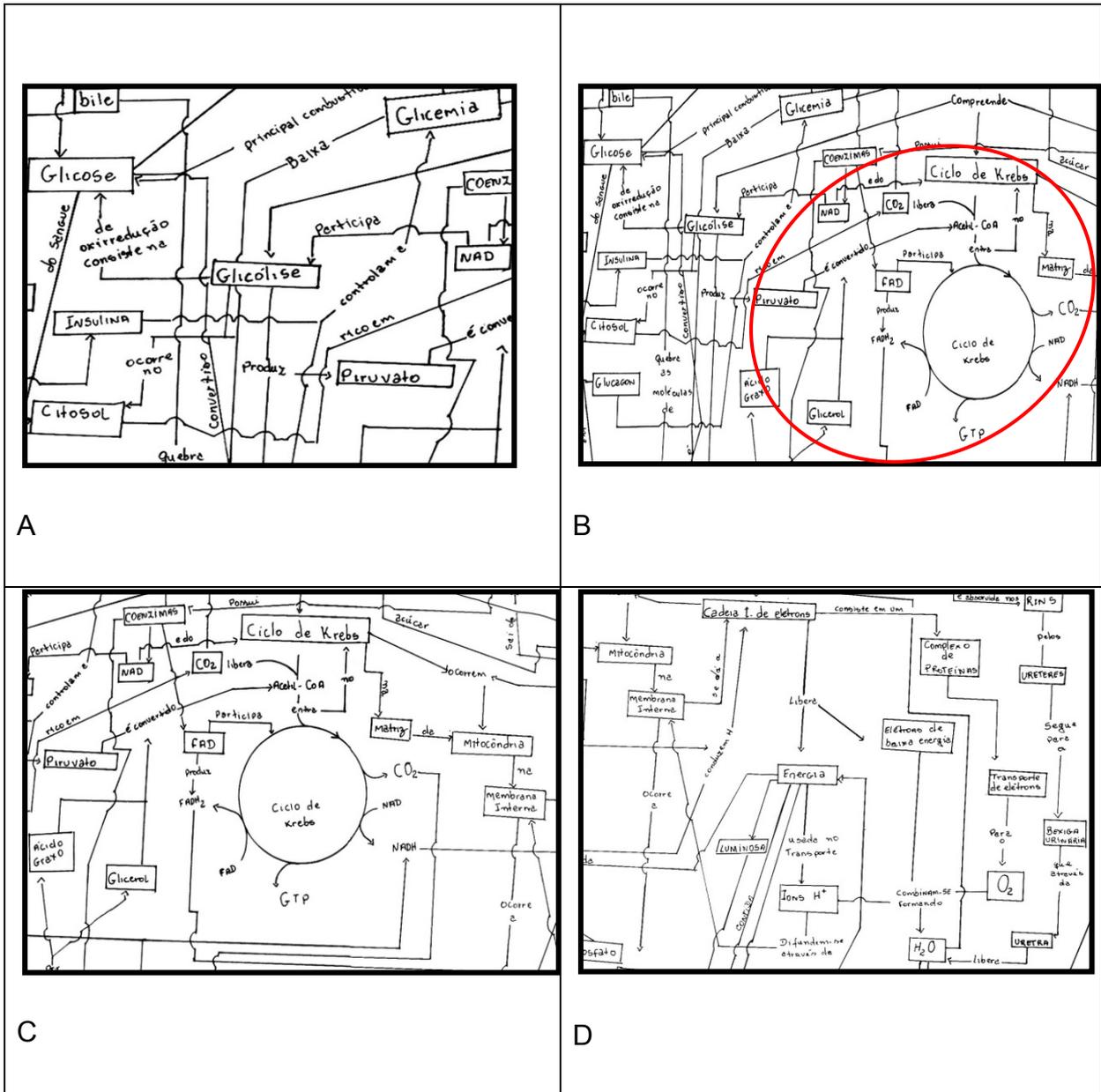
Linha vermelha, representação dos órgãos anexos, fígado e pâncreas; setas verdes, substâncias facilitadoras da digestão (bile e suco pancreático); linha roxa, hormônios no controle da glicemia.

Com relação às etapas da respiração celular (Figura 35), a glicólise é explicada, de modo compreensível, pelo uso de conectores, como um processo de transformação de glicose em piruvato, que ocorre no citosol (Figura 35-A). Há, também, a inclusão da coenzima NAD reduzindo-se à NADH, além da representação de síntese e consumo de ATP nessa via metabólica. No final desta, é observado mais um avanço na organização do conhecimento representado - a conversão do piruvato em acetil-CoA, que será metabolizado no ciclo de Krebs e ilustrado na Figura 35-B, (linha vermelha). Esta reação de transformação do piruvato foi detectada, em construções anteriores, como sendo uma compreensão errada do conceito. Portanto a correção deste entendimento implica superação de uma lacuna conceitual.

Durante a representação do ciclo de Krebs, também é observado um grande avanço conceitual. Há uma representação cíclica desta etapa, envolvendo a inclusão do acetil-CoA, reações de redução das coenzimas NAD e FAD à NADH e FADH<sub>2</sub>, respectivamente, além da produção e liberação de CO<sub>2</sub> e GTP (Figura 35-C). Vale ressaltar que neste mapa também há uma representação da matriz mitocondrial

como sendo o local exato onde ocorrem as reações que caracterizam este ciclo (MARZZOCO, 1999).

Figura 35 - Etapas da respiração celular



A, Glicólise como etapa da transformação da glicose em piruvato e o sítio de ocorrência; B, conversão do piruvato em acetil-CoA antes da inclusão no Ciclo de Krebs; C, representação cíclica do Ciclo de Krebs; D, representação da CTE e transporte de elétrons.

Na representação da etapa que trata da CTE, toda essa evolução se repete. Há uma descrição completa e articulada do transporte de elétrons, através do complexo de proteínas da membrana interna da mitocôndria, para a síntese de ATP. De acordo com Curtis (1977), os íons de hidrogênio, acumulados no espaço intermembranas

mitocondriais voltam à matriz através da ATP sintetase, incrementando a síntese de ATP e formando moléculas de água (Figura 35-D). Toda a parte de fosforilação oxidativa para a síntese de ATP, permanece sem alterações, tendo em vista que se trata de uma situação que foi bem pontuada na construção do mapa anterior.

Na representação que trata das relações sistêmicas que se dão entre a energia e o organismo, há toda uma rede de relações envolvendo aspectos relativos às transformações, “produção” e consumo da energia (Quadro 15).

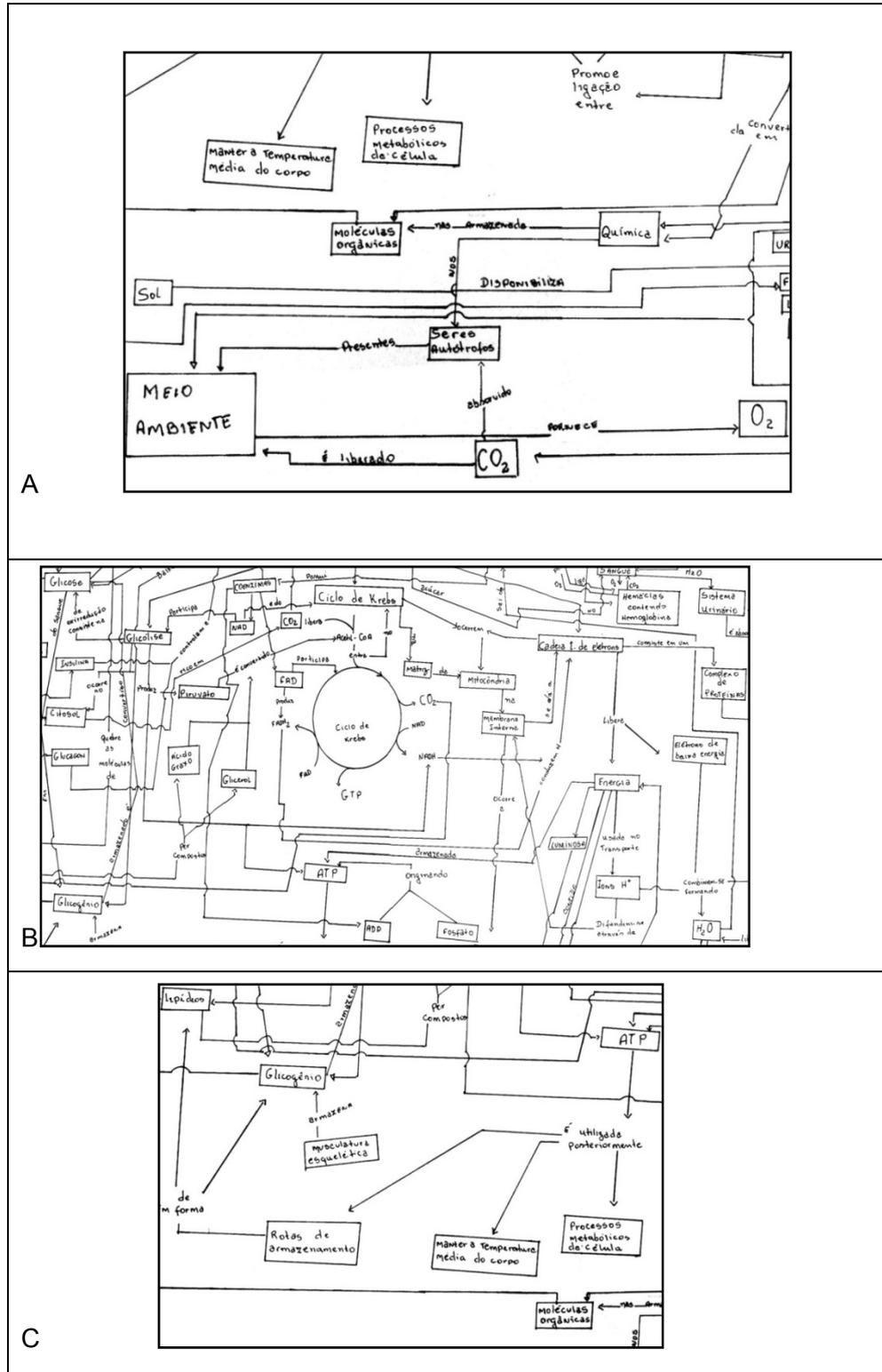
**Quadro 15 - Relações sistêmicas entre energia e organismo**

<b>Categoria</b>		<b>Descrição dos parâmetros</b>
1-	Articulação da energia com os processos metabólicos do organismo	Articula com o consumo imediato e com o consumo posterior

Ainda tratando das relações da energia com o organismo (Figura 36), o esboço inicia representando a transformação da energia solar em energia química contida nas moléculas orgânicas dos nutrientes, em especial a glicose (Figura 36-A). Em seguida, trata de sua “produção” no contexto celular (Figura 36-B), do consumo necessário a essa “produção”, do consumo nas diversas formas de trabalho celular, na realização dos processos homeostáticos e, por fim, das rotas biossintéticas de armazenamento para necessidades posteriores, como o glicogênio e os lipídeos (Figura 36-C).

A categoria que trata das relações de troca entre o indivíduo e o meio ambiente, também apresenta expressiva evolução conceitual, tendo em vista que é demonstrado um completo processo de trocas envolvendo a inclusão de substâncias a partir do meio e a devolução proveniente dessas substâncias (após metabolização) para o mesmo meio ambiente (Quadro 15).

Figura 36 - Relações entre energia e organismo.



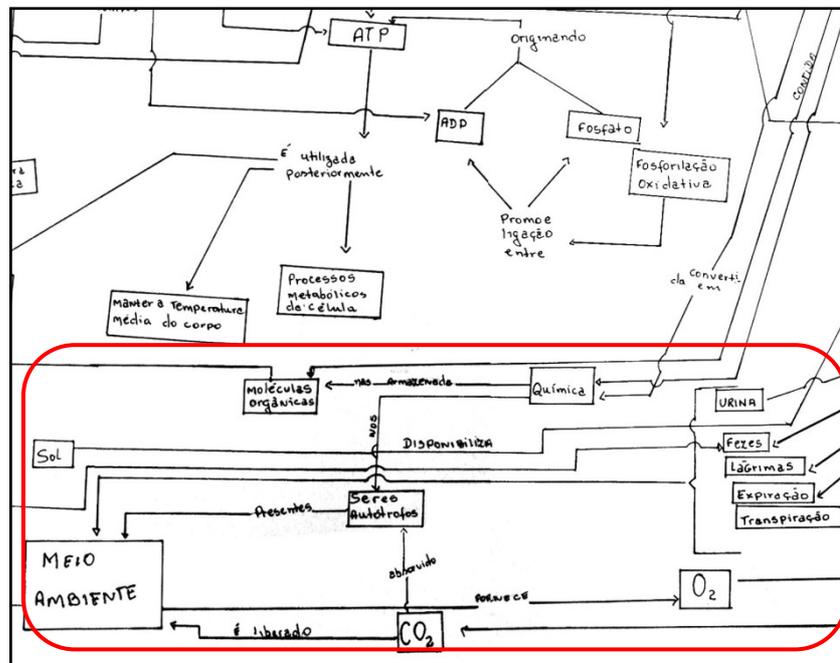
A, transformação da energia solar em energia química; B, produção de energia no contexto da célula; C, armazenamento de energia para uso posterior.

**Quadro 16 - Articulação do indivíduo com o meio ambiente**

Categoria	Resultados observados
1   Relações de troca entre o indivíduo e o meio ambiente	As trocas se dão entre os gases CO <sub>2</sub> e O <sub>2</sub> , alimento e resíduos alimentares e entrada e saída de água

Diferentemente da construção do MCP-2, as relações de troca que foram observadas entre a representação sistêmica da respiração e o meio, são as trocas envolvendo os gases CO<sub>2</sub> e O<sub>2</sub> e a entrada e a saída de água do organismo. A ingestão do alimento e a devolução dos resíduos da digestão para o meio ambiente também são apontadas. De forma comparativa, no MCP-2 não se observa a entrada de substâncias como alimento e água, mas apenas, a devolução dos resíduos alimentares e da água para o meio ambiente. Vale ressaltar que devido à dimensão do esboço neste recorte do MCP-3 (Figura 37), só estão representadas as trocas entre os gases e a devolução dos resíduos alimentares (fezes) e da água (fezes, urina, lágrimas, expiração e transpiração), deixando, portanto, de ser contemplada a entrada do alimento e da água, apesar de estes eventos estarem presentes nesta construção.

**Figura 37 - Relações de trocas entre respiração e meio ambiente.**



A inclusão de elementos do meio ambiente aumenta a compreensão da sistemicidade do tema trabalhado, visto que está representado o sol, como fonte básica de energia absorvida pelos seres autótrofos e transformada em energia

química, armazenada nas moléculas orgânicas, em especial a glicose, principal combustível da respiração celular. A articulação dos seres autótrofos com a respiração vai além da molécula energética contida nos alimentos. Esta articulação também passa pela liberação do oxigênio - gás comburente utilizado pelos seres aeróbios e requisito básico para a queima da glicose - e pelo aproveitamento do gás carbônico - liberado para o meio ambiente, via respiração - como um dos elementos para a síntese de glicose através da fotossíntese.

É importante destacar, a superação de lacunas e o surgimento de articulação com novos elementos, confirmando um avanço conceitual durante as sucessivas construções dos mapas. Porém, essa superação é observada, de modo mais significativo, ao final da terceira etapa. Durante a construção do MCP-3 houve um avanço em todos os aspectos abordados e, em especial, no aspecto microscópico, que trata dos fenômenos bioquímicos do metabolismo energético.

Com o resultado obtido na construção do MCP-3, pode-se observar uma nova concepção quanto ao tema em tela. Nesta representação os sistemas interagem entre si, em uma perspectiva macroscópica. Os eventos e reações simultâneas, que neles ocorrem, convergem para o contexto celular. Neste universo microscópico se processam infinitas reações de alta complexidade que caracterizam o metabolismo energético. Esta compreensão da complexidade do tema em uma perspectiva de teia de relações permite o trânsito de ida e vinda entre o universo macro - representado pelos sistemas - e o universo microscópico e molecular - onde se efetuam as reações. Toda esta situação indica uma compreensão sistêmica da respiração.

Todo esse processo de reconstrução possibilita uma leitura sistêmica da respiração, uma vez que: (a) contempla os sistemas do organismo que estão interligados, desempenhando suas respectivas funções para a realização desse fenômeno; (b) as etapas que se sucedem nos aspectos macro e micro; (c) a rede de ligações que se dá entre esses dois aspectos e o meio ambiente; e (d) a representação de reações interligadas, possibilitando a compreensão de que são eventos simultâneos. Torna-se possível, com essa leitura, uma visão da complexidade do tema em tela e da impossibilidade de uma aprendizagem eficaz, do mesmo, através de uma metodologia reducionista e compartimentada, que trate as funções de cada um

desses sistemas como sendo situações isoladas e independentes do contexto da respiração.

A partir destas considerações partimos para uma análise comparativa da evolução conceitual das construções da pesquisadora com base nas concepções de Vygotsky (Quadro 17).

Mapa	Fase da formação de conceito em Vygotsky	Considerações em Vygotsky (1999)	Justificativa	IMAGEM (Ciclo de Krebs)
MCP1	Pensamento por complexo	Os objetos associam-se não apenas devido às impressões subjetivas do indivíduo, mas também devido às relações concretas e factuais que de fato existem entre esses objetos, podendo mudar uma ou mais vezes durante o processo de ordenação. Nos complexos não se encontra presente a organização hierárquica. Todas as qualidades funcionam igualmente.	Esta representação se deu de forma muito simplificada e incompleta, deixando de identificar aspectos importantes no que se refere à abordagem macroscópica. A abordagem microscópica foi realizada, de forma incipiente.	
MCP2	Pseudo-conceito	Objetos que deveriam ser agrupados com base em conceitos abstratos são agrupados pelos indivíduos, nessa fase, de forma associativa.	Durante a construção do 2º mapa, pode-se observar um avanço que se deu em vários aspectos, podendo ser compreendido como superação de algumas lacunas presentes na primeira construção. Esse avanço começou a ser percebido através da ampliação de todo o esboço e da inclusão de um maior número de elementos, de ligações (setas) entre os eventos e de conectores que permitiram compreender melhor o processo como um todo.	
MCP3	Conceito	O verdadeiro conceito só aparece quando os traços abstraídos são sintetizados e a síntese abstrata resultante passa a ser o principal instrumento do pensamento.	No processo de construção deste mapa é observada uma ampliação de toda a representação que se deu, a partir da inclusão de grande quantidade de novos elementos. Novas ligações de relação se formaram neste contexto, aumentando a possibilidade de uma leitura que conduz à compreensão sistêmica da respiração. Em todo o esboço, observa-se a íntima relação entre os aspectos macro e micro, onde é permitido o entendimento de que são aspectos que se sobrepõem ente si, caracterizando a respiração como um único fenômeno.	

Fonte: Dados construídos pela Autora

### 3.2 Apresentação e análise do 4º mapa da pesquisadora (MCP-4)

A partir dos resultados do terceiro mapa que apontou para uma superação dos obstáculos à formação do conceito trabalhado dentro de uma perspectiva sistêmica, partiu-se para a quarta etapa. Diferentemente das anteriores, esta etapa consistiu na construção de um mapa conceitual a partir de termos e figuras previamente selecionados. Trata-se da construção de um mapa conceitual em *parking lot* (modificação descrita por NOVAK e CAÑAS, 2010), onde os autores valorizam a oferta (por parte do professor) de uma lista dos principais conceitos relativos ao tema, para a construção do mapa. O desafio para a construção envolve a formação das proposições, ou seja, cabe ao aluno encontrar palavras conectoras, que façam as ligações entre estes conceitos. Com isso é possível perceber o nível de conhecimento do estudante, relativo ao tema trabalhado.

Deste modo, o MCP-3 tornou-se um guia norteador para a construção do quarto mapa que foi criado a partir da necessidade de um material que servisse de guia comparativo e possibilitasse a criação de categorias para a análise dos dados dos licenciandos, uma vez que a coleta dos mesmos também se deu através da criação de mapas conceituais.

Esta construção se deu de modo limitado seguindo e respeitando as condições que foram oferecidas aos entrevistados. As condições de que estamos tratando se referem à quantidade de elementos oferecidos para a construção. Deste modo, os mesmos elementos oferecidos aos licenciandos foram utilizados pela pesquisadora em outro momento, para possibilitar a visualização de como ambos compreendiam a respiração e os níveis de relações sistêmicas que conseguiam traçar entre os sistemas vitais do organismo e este fenômeno.

Com a finalização da construção do quarto mapa, se fez necessária uma comparação com o terceiro, tendo em vista que a construção de MCP-3 se deu de forma espontânea e sem limite de palavras e conectores que estabelecessem as ligações entre os fenômenos. Assim, o quarto mapa constituiu-se numa criação mais limitada e orientada, que obedecia, de certo modo, a um número determinado de elementos.

Desta forma, buscou-se verificar em MCP-4 se a partir dos elementos oferecidos, a pesquisadora conseguiria tecer a teia de relações que caracterizam a respiração como um fenômeno sistêmico, assim como se visualizou na construção do MCP-3. Torna-se necessária, antes da análise comparativa, uma explanação da importância de alguns elementos que foram utilizados, como:

- Figuras coloridas recortadas;
- Etiquetas recortadas com palavras impressas;
- Etiquetas recortadas sem palavras escritas (coringas).

### **A utilização de figuras na construção**

Foram utilizadas nesta construção: (1) figuras referentes a aspectos macro e microscópicos que ilustravam os sistemas e órgãos próprios destes; (2) órgãos anexos a um determinado sistema; (3) estruturas microscópicas do universo celular; e (4) estruturas microscópicas de transição entre o macro e micro universos. As figuras buscavam clarear as ideias sobre a contribuição dos sistemas, dos órgãos e de alguns elementos celulares nos processos relativos à respiração além de tornarem o esboço criativo e de mais fácil compreensão. De modo geral, o uso deste recurso enriqueceu o esboço e facilitou sua construção.

O uso da imagem conduziu a pesquisadora a conhecimentos esquecidos, desconhecidos ou considerados como pouco significativos para o objetivo em questão. Resgatou, portanto, fenômenos ancorados em sua estrutura cognitiva que, por se encontrarem isolados, devido à forma fragmentada como foram assimilados durante sua formação, não se ligavam aos fenômenos complexos da respiração. Deste modo, o uso deste recurso possibilitou a construção da teia de relações entre os sistemas e fenômenos que conduzem ao metabolismo energético.

Todas as figuras oferecidas foram utilizadas, sendo consideradas suficientes para traçar um esboço representativo da respiração em uma perspectiva de sistemicidade. Durante a construção, a pesquisadora sentiu necessidade de novos elementos representativos que tornassem este mapa semelhante ao terceiro. No entanto, apesar do forte desejo de ampliar o esboço, a pesquisadora se limitou a usar a mesma quantidade de figuras que foram oferecidas ao grupo de pesquisados, por uma questão de coerência científica, tendo em vista que este mapa seria

comparado aos dos licenciandos a fim de verificar como ambas as partes construiriam as relações em questão.

### **Uso de palavras na construção**

O material oferecido para esta construção continha, além das figuras, um conjunto de palavras recortadas em etiquetas, referentes a elementos do macro e micro universos que tratavam de aspectos anatômicos, fisiológicos dos sistemas e de elementos e reações do metabolismo energético da célula. Continha, também, palavras que tratavam das ligações entre os processos respiratórios e o meio ambiente. Algumas dessas palavras foram colocadas em duplicatas prevendo a necessidade de serem representada mais de uma vez na construção do mapa. Estas duplicatas se referiam a palavras do micro universo que representavam reações, substâncias e eventos deste aspecto.

Nesta construção, o acervo de palavras disponível foi totalmente utilizado, inclusive as duplicatas. Houve necessidade de palavras importantes que se encontravam ausente como, por exemplo: alimento, nomes de alguns órgãos (principalmente os referentes ao sistema excretor), nomes de algumas substâncias (saliva, sucos gástricos, sucos entéricos, etc.) e alguns termos do domínio da Bioquímica. Essa ausência de elementos em parte foi resolvida pelo uso das etiquetas coringas, das quais trataremos a seguir. O restante das palavras em falta continuou ausente devido às questões citadas.

Esta incompreensão relativa não diz respeito ao desconhecimento das funções destes órgãos ou destas substâncias no seu contexto habitual (conteúdo específico verticalizado e fragmentado). Está, contudo, vinculada a sua desarticulação. Tradicionalmente, o ensino de Biologia valoriza a verticalização de um dado conteúdo, que é apresentado em contexto típico e particular. Entretanto, dificilmente se abordam estes temas em contextos próximos e relacionados – ou seja, a articulação e a interrelação intra-área não são trabalhadas (CARNEIRO-LEÃO *et al.*, 2009). Um exemplo desta perspectiva é como se aborda o sistema digestório, por exemplo. As estruturas e as funções são voltadas para a “quebra” do alimento em suas moléculas constituintes, de forma a favorecer a absorção. A glicose se enquadra neste contexto. Assim, alimentos ricos em amido (farináceos e tubérculos)

são fragmentados até que o amido seja reduzido aos monossacarídeos constituintes (glicose). Neste ponto, afirma-se que a glicose é absorvida e vai para a corrente sanguínea (LINHARES, 2010).

Pouco se discute sobre a importância da glicose como combustível essencial para a transformação de energia no metabolismo celular. Em suma, para que a célula “respire” é preciso, antes de tudo, “comer”. Dentro de um contexto geral, também é fato conhecido que os sistemas do organismo trabalham interligados: se um for danificado, outros sofrerão com isso, de modo que as ações de um, influenciam às do outro. Contudo, ter essa visão geral é diferente de conhecer profundamente as ligações entre estes sistemas, entre as funções e reações características de cada um deles e destas com uma situação específica, como no nosso caso, a respiração.

Outro motivo importante para a escolha moderada do número de palavras, diz respeito aos sujeitos da pesquisa. Acreditamos que um acervo muito grande de termos poderia complicar, ao invés de contribuir para a construção dos mapas numa perspectiva de sistemicidade. Além do mais, os licenciandos não haviam sido preparados nesta perspectiva, justamente por se tratar de uma diagnose sobre seus conhecimentos a respeito das relações sistêmicas da respiração.

É interessante salientar a importância da disponibilidade de palavras selecionadas. A seleção das palavras referentes ao contexto da respiração em uma perspectiva de sistemicidade se deu com a intenção de facilitar o processo de construção dos mapas. Considerou-se que os indivíduos envolvidos no processo de construção, resgatariam esses conceitos, ou pelo menos parte deles, e os inseririam na teia de relações que estavam a construir. É diferente de fazê-los lembrar de quantos e quais seriam os conceitos necessários à construção deste esboço. Segundo Novak e Cañas (2010), O fato de oferecer uma lista de conceitos prontos não consiste em uma facilitação para a construção do mapa. Tendo em vista que, o fato mais importante está na utilização conectores para estes conceitos.

### **Uso de etiquetas coringas**

As etiquetas em branco foram fornecidas com o objetivo de suprir a ausência de algumas palavras que não foram oferecidas, caso o indivíduo sentisse falta, ou mesmo, diante da necessidade de inclusão de um novo elemento junto aos que

foram disponibilizados a esta construção: palavras e figuras. As etiquetas serviriam como estrutura de apoio a este processo. Para esta construção foram usados todos os coringas de que estamos tratando havendo, portanto, a necessidade de novos elementos desta natureza.

A necessidade de novas etiquetas coringa que possibilitassem a inclusão de novos elementos na construção, nos confirma a dimensão em níveis de compreensão da complexidade e sistemicidade conquistado pela pesquisadora.

Partimos agora para a análise comparativa entre os terceiro e quarto mapas produzidos.

### **3.2.1 Análise comparativa entre o terceiro e o quarto mapa**

A terceira etapa do estudo voltada para a organização dos conhecimentos relativos aos fenômenos da respiração, dentro de uma perspectiva de sistemicidade, resultou na construção de um mapa conceitual (o terceiro) rico em elementos envolvidos em uma teia de relações que articulou aspectos diversos do macro e do micro universos bem como, aspectos do meio ambiente ligados aos fenômenos da respiração. Isso deu ao esboço um caráter ilustrativo da complexidade do tema bem como, das relações de sistemicidade que o permeiam.

Este caráter de completude tornou este mapa conceitual um guia norteador para a construção de um quarto mapa devido às necessidades acima explicadas. Portanto, para um estudo comparativo, foi necessário o uso do mesmo grupo de categorias para ambos os mapas. Este procedimento permitiu comparar os resultados obtidos entre o terceiro e o quarto mapa.

Os resultados obtidos através da análise do terceiro e do quarto mapas poderão ser visualizados nos Quadros (18, 19, 20, 21 e 22).

**Quadro 18 - Aspectos macroscópicos observados (MCP-3 e MCP-4)**

<b>Categorias</b>		<b>Resultados observados (MCP3)</b>	<b>Resultados observados (MCP-4)</b>
1	Percepção dos eventos envolvidos no processo respiratório.	Articulação entre os sistemas trabalhados, a célula, as reações que viabilizam o metabolismo energético e as trocas com o meio ambiente.	Articulação entre os sistemas trabalhados, a célula, as reações que viabilizam o metabolismo energético e as trocas com o meio ambiente.
2	Articulação dos aspectos macro e microscópicos relativos à respiração.	Não há divisão entre os aspectos pulmonar e celular. Há uma articulação entre os dois aspectos revelando a respiração como um fenômeno único.	Não há divisão entre os aspectos pulmonar e celular. Há uma articulação entre os dois aspectos revelando a respiração como um fenômeno único.
3	Relação respiração meio ambiente.	Conjunto de trocas envolvendo gases, alimento/resíduos alimentares e água que se dá entre o indivíduo e o meio ambiente.	Conjunto de trocas envolvendo gases e água que se dá entre o indivíduo e o meio ambiente.
4	Identificação dos sistemas relacionados à respiração.	Sistemas: nervoso, respiratório, digestório, cardiovascular e excretor.	Sistemas: nervoso, respiratório, digestório, cardiovascular e excretor.
5	Articulação entre os vários sistemas e o processo respiratório.	Sistemas articulados entre si, com os fenômenos que caracterizam a respiração e com o meio ambiente.	Sistemas articulados entre si, com os fenômenos que caracterizam a respiração e com o meio ambiente.
6	Indicação dos aspectos anatômicos dos sistemas envolvidos com a respiração.	Sistemas completos em elementos.	Sistemas (nervoso, cardiovascular, respiratório e digestório) completos em elementos. Sistema excretor, parcialmente completo.
7	Identificação dos aspectos fisiológicos dos sistemas envolvidos com a respiração.	No sistema digestório: processos mecânicos da quebra do alimento, formação e eliminação dos resíduos e processos químicos relacionados à ação de sucos, enzimas e hormônios; no sistema cardiovascular: transporte de substâncias; no sistema respiratório: transporte e troca de gases; No sistema excretor eliminação de água e resíduos tóxicos.	No sistema digestório: processos mecânicos da quebra do alimento, formação e eliminação dos resíduos e processos químicos relacionados à ação de sucos, enzimas e hormônios; no sistema cardiovascular: transporte de substâncias; no sistema respiratório: transporte e troca de gases; No sistema excretor eliminação de água e resíduos tóxicos. Ausentes: sucos gástrico e entérico.
8	Caracterização dos elementos usados na construção do mapa.	Construção expandida devido à enorme quantidade de elementos.	Construção expandida. Utilização de todos os elementos oferecidos.
9	Utilização de conectores (palavras ou expressões de ligação).	Compatível com a quantidade de ligações entre os elementos.	Compatível com a quantidade de ligações entre os elementos.

**Quadro 19 - Aspectos da transição entre macro e micro universos observados (MCP-3 e MCP-4)**

Categoria		Resultados observados (MCP-3)	Resultados observados (MCP-4)
1	Transição entre o macro e o micro universos	Representa a absorção dos nutrientes, a hematose e a difusão de água	Representa a absorção dos nutrientes, a hematose e a difusão de água

**Quadro 20 - Aspectos microscópicos observados (MCP-3 e MCP-4)**

Categoria		Resultados observados (MCP-3)	Resultados observados (MCP-4)
1	Articulação da estrutura celular com os processos da respiração.	Estrutura celular articulada a sistemas, tecidos, processos fisiológicos e trocas com o meio	Estrutura celular articulada a sistemas, tecidos, processos fisiológicos e trocas com o meio
2	Identificação das etapas microscópicas da respiração.	Glicólise, ciclo de Krebs e Cadeia transportadora de elétrons.	Glicólise, ciclo de Krebs e Cadeia transportadora de elétrons.
3	Articulação entre os constituintes celulares e o processo respiratório.	Articulação do citosol com a glicólise, da matriz mitocondrial com o ciclo de Krebs e da membrana interna mitocondrial com a CTE.	Articulação do citosol com a glicólise, da mitocôndria com o ciclo de Krebs e com a CTE.
4	Representação das reações características da glicólise.	Rota glicolítica para a degradação da molécula de glicose em piruvato com síntese e consumo de ATP e produção de coenzima reduzida NADH.	Rota glicolítica para a degradação da molécula de glicose em piruvato com síntese e consumo de ATP e produção de coenzima reduzida NADH.
5	Interpretação do Ciclo de Krebs.	Conjunto de reações cíclicas com função de oxidação do acetil-CoA à CO <sub>2</sub> com produção de coenzimas reduzida, NADH e FADH <sub>2</sub> e síntese de GTP.	Conjunto de reações, não-cíclica, com função de oxidação do acetil-CoA à CO <sub>2</sub> com produção de coenzimas reduzida, NADH e FADH <sub>2</sub> e síntese de GTP.
6	Interpretação da CTE.	Complexo de proteínas dispostas na membrana mitocondrial interna possibilita a condução de elétrons das coenzimas NADH e FADH <sub>2</sub> até o oxigênio com grande síntese de ATP e água.	Complexo de proteínas presentes na mitocôndria possibilita a condução de elétrons das coenzimas NADH e FADH <sub>2</sub> até o oxigênio com grande síntese de ATP e água. Não fala da membrana mitocondrial interna.
7	Explicação da síntese de ATP.	Processo que ocorre na glicólise e na CTE e no ciclo de Krebs, GTP.	Processo que ocorre na glicólise e na CTE e no ciclo de Krebs, GTP.
8	Relações entre a molécula de ATP e os processos metabólicos da respiração celular.	Relação de síntese e consumo que se dá tanto no contexto da célula como no contexto do organismo.	Relação de síntese e consumo que se dá tanto no contexto da célula como no contexto do organismo.

**Quadro 21 - Relações sistêmicas entre energia e organismo (MCP-3 e MCP-4)**

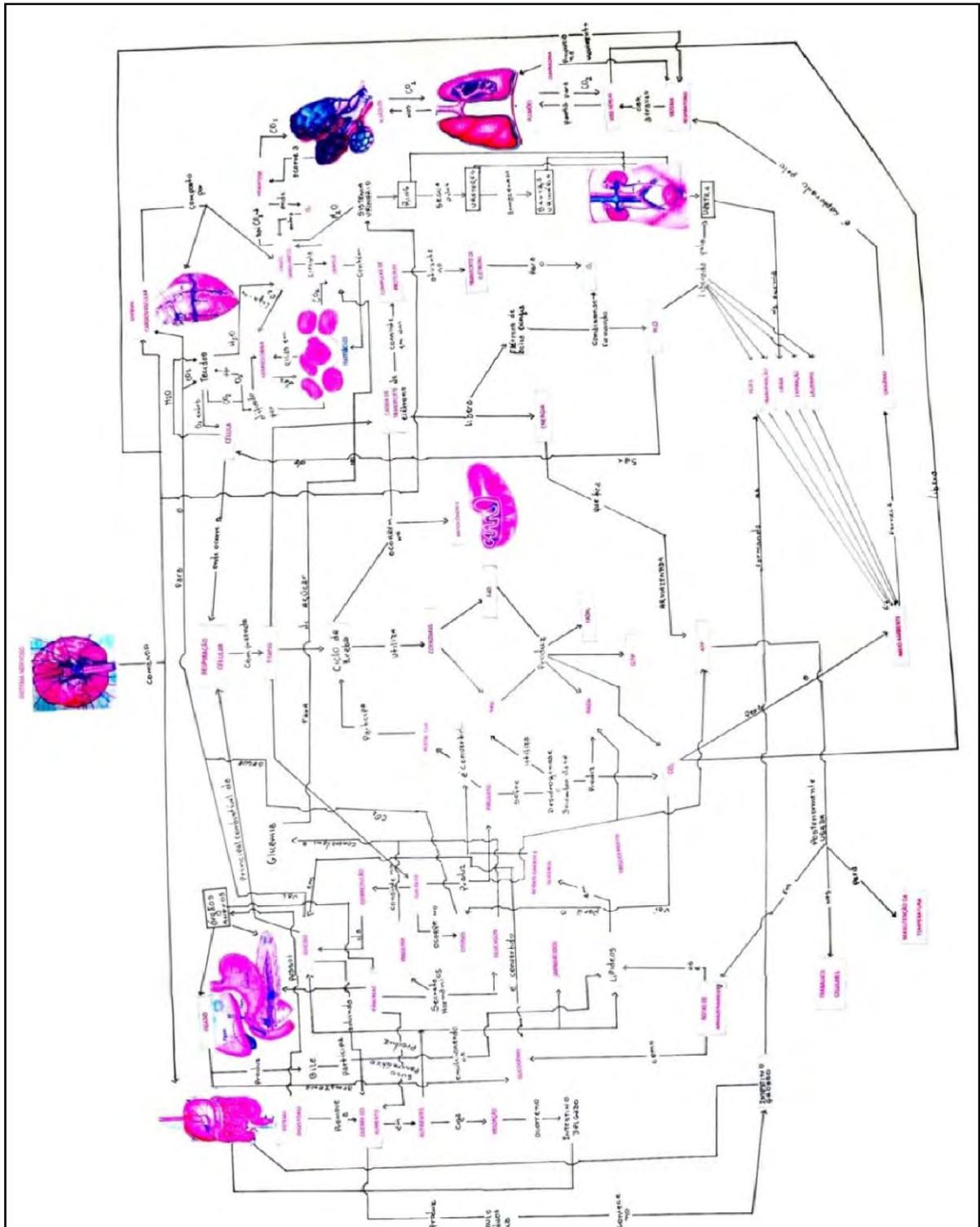
Categoria		Resultados observados (MCP-3)	Resultados observados (MCP-4)
1	Articulação da energia com os processos metabólicos do organismo	Articula com o consumo imediato e com o consumo posterior	Articula com o consumo imediato e com o consumo posterior

**Quadro 22 - Articulação indivíduo - meio ambiente, (MCP-3 e MCP-4)**

Categoria		Resultados observados (MCP-3)	Resultados observados (MCP-4)
1	Relações de troca entre o indivíduo e o meio ambiente.	As trocas se dão entre os gases CO <sub>2</sub> e O <sub>2</sub> , alimento e resíduos alimentares e entrada e saída de água.	As trocas se dão entre os gases CO <sub>2</sub> e O <sub>2</sub> , entrada e saída de água. Devolução dos resíduos alimentares. Não trata da entrada de alimento.

A construção do quarto mapa conceitual pela pesquisadora, apesar de ter obedecido a determinados limites, se deu de maneira muito próxima à construção do terceiro, como foi citado anteriormente: um esboço expandido, rico em elementos e que ilustrou os fenômenos da respiração dentro da complexidade de um contexto sistêmico (Figura 38 disponível no Apêndice G).

Figura 38 - Quarto mapa da pesquisadora (MCP-4)



### **Análise dos aspectos macroscópicos de MCP-3 e de MCP-4**

Com relação aos aspectos macroscópicos analisados entre MCP-3 e MCP-4 (Quadro 18), existe igualdade entre os resultados obtidos com as categorias 1, 2, 4, 5, e 9. Das nove categorias trabalhadas para este aspecto, apenas quatro trazem resultados diferentes dos observados nas categorias 3, 6, 7 e 8. No entanto, essa diferença mostrou-se pouco importante para a construção do esboço por não atrapalhar o desenvolvimento da mesma.

Os resultados obtidos com a categoria de número 3: Relação respiração–meio ambiente, aplicada em MCP3 e MCP4 tratam a respiração como um processo de trocas de alguns elementos, que se dá entre o indivíduo e o meio ambiente. No entanto, apesar das semelhanças neste ponto, em MCP-4, não se observa a inclusão do alimento a partir do meio ambiente, estando este elemento incluído diretamente nos processos digestório e articulado à eliminação dos resíduos da digestão. Este fato distorce um pouco o entendimento dos processos de trocas na ilustração.

Para esta questão, se faz importante considerar, que o termo “ALIMENTO” não foi oferecido no conjunto das palavras disponibilizadas para a construção, tendo em vista que este conjunto continha uma etiqueta onde se verificava a expressão “DIGESTÃO DOS ALIMENTOS”, subentendendo-se no momento da escolha das palavras, que esta expressão seria suficiente para o desenvolvimento do esboço, uma vez sabido por todos que o alimento tratado neste contexto era proveniente do meio ambiente.

A ausência desta palavra não afetou a construção do mapa nem tampouco o entendimento da complexidade e sistemicidade do tema, apesar de tornar incompleta a parte do esboço que representa as relações de troca que se dão entre o homem e o meio ambiente, no contexto respiratório.

Os resultados observados na categoria 6 (indicação dos aspectos anatômicos dos sistemas envolvidos na respiração) apontam para diferenças em quantidades de elementos que foram abordados nos dois mapas. Neste quesito, MCP-3 se mostrou completo em elementos. Diferente deste, MCP-4 se mostrou parcialmente completo, tendo em vista que o sistema excretor não foi representado em sua completude.

Para a representação deste sistema em MCP-4 foi oferecida uma figura “do sistema excretor” e apenas uma etiqueta contendo o nome “SISTEMA EXCRETOR”.

Este fato nos remete a uma discussão interessante. No momento da escolha das palavras um dos critérios usados foi o de escolher palavras que representassem sistemas, órgãos, reações e fenômenos relevantes para a construção do mapa dentro de uma perspectiva sistêmica. Todos os sistemas, com exceção do sistema excretor, foram contemplados com palavras que representavam se não todos, alguns dos seus órgãos. Portanto, essa ausência de elementos que representem o sistema excretor, comunga com a ausência de significado deste, naquele momento, para o contexto da respiração, nas concepções de sistemicidade da pesquisadora.

O estudo que proporcionou a reorganização dos conhecimentos possibilitou a superação desta visão distorcida ligada à importância do referente sistema nos processos respiratório. Deste modo, a persistência da ausência destes elementos na construção do quarto mapa, não consiste mais em uma lacuna conceitual, porém como já foi dito, se deve ao limite imposto pela quantidade de elementos oferecidos para o desenvolvimento do trabalho.

Do mesmo modo, a categoria de número 7 (Identificação dos aspectos fisiológicos dos sistemas envolvidos com a respiração) mostra resultados parcialmente semelhantes entre MCP-3 e MCP-4. Ambas as construções tratam dos aspectos fisiológicos dos sistemas. No entanto, ao citar substâncias importantes nos processos digestório, percebe-se a ausência de alguns destes nomes (suco gástrico, suco entérico) em MCP-4. A presença destas palavras ampliaria de certa forma, a rede de ligações entre os fenômenos do contexto digestão x alimento, porém, apesar da ausência que resultou em uma redução desta parte do esboço, ainda assim, tornou-se bastante significativo e compreensivo o papel fisiológico do sistema digestório nos fenômenos da respiração.

Com relação à categoria de número 8 (caracterização dos elementos usados na construção do mapa), MCP-3 se mostrou uma criação expandida, completa em elementos. Como já foi dito, esta construção se deu de modo espontâneo sem obedecer a nenhum limite de palavras. Diferentemente, MCP-4 foi submetido a um número limitado de palavras e etiquetas coringas, além das questões éticas que

permearam a situação. Deste modo, algumas das palavras que foram citadas como “ausentes no esboço” se devem a dois fatores: não terem sido incluídas no momento da escolha por serem consideradas com pouco ou nenhum significado para o objetivo em questão; ou por não ser mais possível sua inclusão devido ao esgotamento do material oferecido para a construção.

### **Análise dos aspectos macro e microscópicos envolvidos na respiração**

Com relação aos elementos de transição entre o macro e o micro universos (Quadro 19), pode ser observada igualdade entre os resultados em MCP-3 e MCP-4, ou seja, ambos apontam como elementos de transição entre o macro e o micro universos a absorção dos nutrientes, a hematose e a difusão de água.

### **Análise dos aspectos microscópicos envolvidos na respiração**

Os resultados referentes a estes aspectos (Quadro 20) apontam igualdade entre MCP-3 e MCP-4 nas categorias de números 1, 2, 4, 7 e 8. Para estes aspectos foram trabalhadas oito categorias. Deste total, cinco mostram os mesmo resultados nas duas construções.

As categorias de número 3, 5, e 6, apontaram diferenças em seus resultados e correspondem a uma minoria do total analisado. Boa parte das diferenças mostradas foi pouco significativa, não caracterizado, portanto, prejuízos relevantes para a construção do quarto mapa.

Na categoria de número 3 (articulação entre os constituintes celulares e o processo respiratório) MCP-3, igualmente a MCP-4, mostra, em seus resultados, a articulação dos constituintes celulares nos processos respiratórios ligando tanto o citosol à glicólise, como a mitocôndria ao Ciclo de Krebs e à CTE. Apesar da semelhança entre estes pontos, há uma pequena diferença entre os dois mapas: em MCP-4 não é citada a matriz mitocondrial como o local onde ocorre o Ciclo de Krebs, nem a membrana mitocondrial interna como o local onde se localiza o complexo de proteínas, que possibilita os fenômenos da CTE.

Com relação à categoria de número 5 (interpretação do Ciclo de Krebs) que vem tratar de como o ciclo de Krebs é interpretado pela pesquisadora, há igualdade entre os resultados dos dois mapas. A quantidade de elementos usados nas duas

representações é similar. No entanto, diferentemente de MCP-3, MCP-4 não demonstra que este conjunto de reações ocorre de forma cíclica.

Esta é uma diferença importante, tendo em vista que a ausência de uma representação correta, ou seja, de forma cíclica, poderia comprometer a compreensão deste conjunto de reações durante uma eventual leitura do esboço. Apesar de se mostrar relevante, tanto para o caráter estético da construção como para aspectos que envolvem o entendimento do fenômeno, o fato da presença de todos os elementos importantes deste fenômeno nesta construção, tornou possível a demonstração articulada do mesmo ao processo respiratório.

A categoria de número 6 (interpretação da CTE) em MCP-4 se mostra parcialmente semelhante à MCP-3, ao tratar a cadeia transportadora de elétrons como um complexo de proteínas presentes na mitocôndria que possibilita a condução de elétrons (dos átomos de hidrogênio retirados do ciclo de Krebs e transportados pelas coenzimas NADH e FADH<sub>2</sub>) até o oxigênio com grande síntese de ATP e água. No entanto, como se pode observar em MCP-4, a membrana mitocondrial interna não foi indicada como sendo o exato local onde este fenômeno ocorre. Limita-se a apontar a CTE como um complexo de proteínas existente na mitocôndria. A explicação para esse fato é que não foi disponibilizada no grupo de palavras oferecidas nenhuma etiqueta contendo a expressão “membrana mitocondrial interna”.

A presença desta expressão, na construção do terceiro mapa, indica um conhecimento mais aprofundado dos constituintes celulares e da Bioquímica. No entanto, a sua ausência, como se observa nas categorias 3 e 6 (Quadro 20) não implica um entrave para a construção do esboço (MCP-4), nem tampouco para a compreensão do tema e de sua sistemicidade.

### **Análise das Relações sistêmicas entre a energia e o organismo**

Com relação a este aspecto, podem ser observadas semelhanças nos resultados (Quadro 21). Ambos os mapas mostraram a articulação da energia nos processos orgânicos, tanto no que diz respeito ao consumo imediato como, por exemplo, para manter as atividades celulares, como no que se refere aos compostos orgânicos de reservas para o consumo posterior.

### **Análise da Articulação do indivíduo com o meio ambiente**

Com relação a este aspecto, há uma diferença nos resultados obtidos nos dois mapas (Quadro 22). Os resultados obtidos em MCP-3 mostram que as trocas que se dão neste contexto envolvem outros elementos como alimento/resíduos alimentares e entrada/saída de água, além dos gases  $O_2$  e  $CO_2$ . Nos resultados obtidos em MCP-4, estas trocas se limitam entre os gases e a entrada e saída de água. Com relação ao alimento não se caracteriza uma troca, tendo em vista que é observada apenas a devolução dos resíduos alimentares. Este aspecto foi previamente discutido na categoria 3 (Quadro 18) que apontou para um resultado semelhante.

De acordo com Novak e Cañas (2010), um mapa conceitual para ser construído em uma perspectiva de *parking lot*, é interessante que inicie a partir de uma questão focal sobre o conteúdo a ser trabalhado. Em seguida, inclui-se o *parking lot* (lista de conceitos relacionados à questão focal, oferecidos pelo professor, e que podem ser usados pelos estudantes) para que estes tentem fazer as ligações entre estes conceitos e, desta forma, mostrar como compreendem o conhecimento abordado. Deste modo, as semelhanças apontadas entre os dois mapas (MCP-3 e MCP-4) nos conduzem ao entendimento de que, tanto a questão focal (A respiração é um fenômeno sistêmico?), como o *parking lot*, oferecidos para a construção do quarto mapa, foram suficiente para a pesquisadora ilustrar os fenômenos da respiração em uma teia de relações sistêmicas, considerando que: os obstáculos que por ventura ocorreram, pela ausência de algumas palavras, foram superados pelas etiquetas em branco (coringas) que se encontravam na lista.

## CAPÍTULO 4 – RESULTADOS E DISCUSSÃO II

### 4.1 Análise da Avaliação Diagnóstica dos Licenciandos

O objetivo deste diagnóstico foi identificar as concepções dos licenciandos sobre respiração em uma perspectiva de sistemicidade. O trabalho foi realizado com 14 estudantes, do 7º período de Biologia, cursando a disciplina “Prática de Ensino 2”.

Os mapas conceituais foram utilizados como uma ferramenta para coletar os conhecimentos cotidianos dos licenciandos sobre o conceito sistêmico de respiração. Os principais conceitos foram oferecidos para que os licenciandos mostrassem, através da construção do mapa, como compreendiam a sua interrelação e, paralelamente, verificar de que maneira conseguiam atender à questão geradora: montar o panorama da respiração dentro de uma abordagem sistêmica. Durante o processo de análise, que envolveu todos os mapas construídos, foram selecionados para uma análise mais detalhada aqueles desenvolvidos por dois destes estudantes (E-12 e E-8). Estes mapas foram analisados e descritos minuciosamente, evidenciando-se alguns aspectos do seu desenvolvimento.

Para a seleção dos mapas entre os licenciandos, usou-se como parâmetro comparativo o 4º mapa construído pela pesquisadora (MCP-4). Deste modo, foram escolhidos o que mais se aproximou e o que mais se distanciou de MCP-4, respectivamente, pois este foi um esboço construído em *parking lot*, utilizando o kit disponibilizado para o grupo a partir da mesma questão geradora. Vale ressaltar que MCP-4 foi construído para, entre outras finalidades, servir como um elemento de comparação, na análise junto aos mapas dos licenciandos, apresentada nos Quadros 23,24,25, 26 e 27 mostrados a seguir.

Com relação aos aspectos macroscópicos (Quadro 23), das nove categorias trabalhadas observamos que a de número 4 - Identificação dos sistemas relacionados à respiração - foi a que teve maior representação. Do total de 14 estudantes, 6 se encaixaram nos parâmetros criados para esta categoria. Em seguida, temos a categoria de número 6 - Indicação dos aspectos anatômicos dos

sistemas envolvidos com a respiração (3 estudantes se encaixaram), e as categorias de números: 1- Percepção dos eventos envolvidos no processo respiratório; 2 - Articulação dos aspectos macro e microscópicos relativos à respiração e 9 - Utilização de conectores, palavras ou expressões de ligação (1 estudante cada).

**Quadro 23 - Comparativo do aspecto macro entre MCP-4 e MC dos licenciandos**

CATEGORIAS		RESULTADOS		
		ESPERADO	ALCANÇADOS	
			SIM	NÃO
1-	Percepção dos eventos envolvidos no processo respiratório.	Articulação entre os sistemas trabalhados, a célula, as reações que viabilizam o metabolismo energético e as trocas com o meio ambiente.	12	1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-13-14
2-	Articulação dos aspectos macro e microscópicos relativos à respiração.	Não há divisão entre os aspectos pulmonar e celular. Há uma articulação entre os dois aspectos revelando a respiração como um fenômeno único.	12	1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-13-14
3-	Relação respiração – meio ambiente.	Conjunto de trocas envolvendo gases, e água que se dá entre o indivíduo e o meio ambiente.		1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13-14
4-	Identificação dos sistemas relacionados à respiração.	Sistemas: nervoso, respiratório, digestório, cardiovascular e excretor.	3-5-6-7-12-14	1-2-4-8-9-10-11-13
5-	Articulação entre os vários sistemas e o processo respiratório.	Sistemas articulados entre si, com os fenômenos que caracterizam a respiração e com o meio ambiente.	12	1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-13-14
6-	Indicação dos aspectos anatômicos dos sistemas envolvidos com a respiração.	Sistemas (nervoso, cardiovascular, respiratório e digestório) completos em elementos. Sistema excretor, parcialmente completo.	1-12-14	2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-13
7	Identificação dos aspectos fisiológicos dos sistemas envolvidos com a respiração.	No sistema digestório: processos mecânicos da quebra do alimento, formação e eliminação dos resíduos e processos químicos relacionados à ação de sucos, enzimas e hormônios; no sistema cardiovascular: transporte de substâncias; no sistema respiratório: transporte e troca de gases; No sistema excretor eliminação de água e resíduos tóxicos. Ausência dos sucos: gástrico e entérico.		1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13-14
8	Caracterização dos elementos usados na construção do mapa.	Construção expandida. Utilização de todos os elementos oferecidos.		1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13-14
9	Utilização de conectores (palavras ou expressões de ligação).	Compatível com a quantidade de ligações entre os elementos.	1	2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13-14

É importante destacar que, na análise geral, o estudante E-12 é o que mais se aproxima do ideal entre as categorias trabalhadas, considerando o que está representado nas categorias de números 1, 2, 4, 5 e 6.

O número de respostas apenas nas categorias 4 - Identificação dos sistemas relacionados à respiração - e 6 - Indicação dos aspectos anatômicos dos sistemas envolvidos com a respiração (Quadro 23) sugere que há uma compreensão pouco expressiva do envolvimento de outros sistemas orgânicos nos processos respiratórios. Compreendem que há uma participação dos outros sistemas, porém, não explicitam como isso ocorre, demonstrando extensas lacunas conceituais. Este fato é apontado em um diálogo entre a pesquisadora (P) e um estudante (E-3):

*P- Você acredita que todos esses sistemas que estão aqui, fazem parte da respiração?*

*E-3- Acredito!*

*P – Como? Pode me explicar?*

*E-3 – O sistema circulatório tem a função de produzir a urina, aí produzindo a urina o sangue passa pelo rim, tanto entra como sai trazendo e levando O<sub>2</sub>. De certa forma o rim tem a função de filtrar o sangue tirando as substâncias indesejáveis, justamente o O<sub>2</sub> está no sangue. .*

Como se pode perceber, apesar de concordar com a participação dos sistemas nos processos respiratórios, em sua explicação, o estudante não demonstra um conhecimento básico das funções e da participação dos sistemas no contexto em que foi questionado, além de demonstrar um equívoco quanto à participação do oxigênio.

Os demais estudantes não demonstraram conhecimento relativo ao aspecto em questão, visto que não atingiram nenhum dos parâmetros pontuados nas categorias analisadas.

Vale a pena ressaltar que o estudante E-12 consegue demonstrar uma compreensão mais aprofundada da respiração em uma perspectiva de sistemicidade, tendo em vista ter atingido os parâmetros tratados em várias das outras categorias mencionadas.

Com relação aos aspectos microscópicos (Quadro 24), foram trabalhadas 8 categorias. Deste total, apenas três tiveram representação de estudantes. Neste

conjunto, a categoria de número 2 - Identificação das etapas microscópicas da respiração - foi a que teve maior representação, (7 estudantes), seguida das de número 3 - Articulação entre os constituintes celulares e o processo respiratório (2 estudantes) e 1- Articulação da estrutura celular com os processos da respiração (com apenas 1 estudante).

Dentre as categorias destacadas, o estudante E-12 está representado em duas: na de número 1 e de número 2 sendo, portanto, um número baixo de acertos diante do total de categorias mencionadas. Não demonstra, portanto, conhecimento aprofundado para o aspecto trabalhado.

Há um número significativo de estudantes representados na categoria de número 2 - identificação das etapas microscópica da respiração celular. Podemos observar que apesar do reconhecimento destas etapas, estes estudantes não possuem o conhecimento de **como** nem **onde** as mesmas ocorrem. Tampouco reconhecem suas devidas funções no contexto do metabolismo energético. A mesma lacuna conceitual se repete nas categorias que tratam da relação entre energia (neste caso, indicada pelo ATP) e respiração.

Observamos, portanto, que as categorias referentes ao plano puramente microscópico e que tratam de conhecimentos específicos da Bioquímica e da Biologia tiveram um número insignificante, ou não tiveram representação de estudantes. Este fato nos leva a perceber um déficit de conhecimento por parte destes estudantes relativo a estas áreas do conhecimento. A ausência de compreensão de vários conceitos e o falho entendimento de outros, nos remete ao questionamento: como estes conhecimentos foram trabalhados durante a escolarização destes estudantes? De acordo com Spiro *et al* (1992) a omissão em apresentar a complexidade de um conteúdo em uma fase inicial de ensino, favorece a não aprendizagem dos conceitos ou a formação de concepções alternativas, em uma fase posterior e mais aprofundada do ensino, onde os conceitos necessitam de um grau maior de abstração para serem compreendidos.

**Quadro 24 - Comparativo do aspecto micro entre MCP-4 e MC dos licenciandos**

CATEGORIAS		RESULTADOS		
		ESPERADO	ALCANÇADOS	
			SIM	NÃO
1	Articulação da estrutura celular com os processos da respiração.	Estrutura celular articulada a sistemas, tecidos, processos fisiológicos e trocas com o meio	12	1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-13-14
2	Identificação das etapas microscópicas da respiração.	Glicólise, ciclo de Krebs e Cadeia transportadora de elétrons.	2-4-5-9-11-12-14	1-3-6-7-8-10-13
3	Articulação entre os constituintes celulares e o processo respiratório.	Articulação do citosol com a glicólise, da matriz mitocondrial com o ciclo de Krebs e da membrana interna mitocondrial com a CTE.	2-4	1-3-5-6-7-8-9-10-11-12-13-14
4	Representação das reações características da glicólise.	Rota glicolítica para degradação da molécula de glicose em piruvato com síntese e consumo de ATP e produção da coenzima reduzida NADH.		1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13-14
5	Interpretação do Ciclo de Krebs.	Conjunto de reações cíclicas com função de oxidação do acetil-CoA à CO <sub>2</sub> com produção de coenzimas reduzida, NADH e FADH <sub>2</sub> e síntese de GTP.		1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13-14
6	Interpretação da CTE	Complexo de proteínas dispostas na membrana mitocondrial interna possibilita a condução de elétrons das coenzimas NADH e FADH <sub>2</sub> até o oxigênio com grande síntese de ATP e água.		1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13-14
7	Explicação da síntese de ATP.	Processo que ocorre na glicólise e na CTE e no ciclo de Krebs, GTP.		1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13-14
8	Relação entre a molécula de ATP e os processos metabólicos da respiração celular.	Relação de síntese e consumo que se dá tanto no contexto da célula como no contexto do organismo.		1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13-14

Seguem-se alguns diálogos:

#### Diálogo 1

*P – Eu não estou vendo a glicose no seu trabalho. Você acha que ela não se relaciona com a respiração?*

*E – Porque eu acho que ela não tem relação. Eu acho que até tem, mas eu não consigo ver... eu não sei explicar. Glicose é mais coisa do sistema digestivo. Sei lá...! (Estudante 05)*

#### Diálogo 2

*P – Não estou vendo no seu trabalho palavras como glicose, citosol, transporte de elétrons, oxirredução de proteínas, NAD, FAD. Estão todas no arquivo morto. Por que você não as utilizou?*

*E – Algumas eu não sei o que é, mas a maioria eu não estou conseguindo encaixar no lugar. Dificuldade de encontrar o lugar de cada uma. É isso aí. (Estudante 03)*

#### Diálogo 3

*P – Qual foi a sua principal dificuldade?*

*E – A maior dificuldade foi relacionar o NAD e o FAD com o ciclo de Krebs. Minha maior dificuldade foi exatamente no ciclo de Krebs que eu não sei. (Estudante 12)*

Como podemos ver estes estudantes apresentam um conhecimento falho e com grandes distorções de entendimento. Os estudantes E-5 e E-3 sequer compreendem a glicose como um substrato essencial à respiração celular, demonstrando fragmentação nos conhecimentos entre os sistemas e permanecendo presos à perspectiva macroscópica e convencional. Outra dificuldade apresentada nestas falas relaciona-se à falta de compreensão do papel das coenzimas NAD e FAD. Os estudantes E-3 e E-12 demonstram não conhecer suas funções nas etapas da respiração das quais participam (Quadro 24).

Com relação ao aspecto que trata da transição entre o macro e o micro universos, para a categoria trabalhada, não houve representação de estudantes (Quadro 25).

**Quadro 25 - Comparativo dos aspectos macro-micro entre MCP-4 e MC dos licenciandos**

CATEGORIAS		RESULTADOS		
		ESPERADO	ALCANÇADOS	
			SIM	NÃO
1	Transição entre o macro e o micro universos	Representa a absorção dos nutrientes, a hematose e a difusão de água		1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13-14

Este fato aponta para a incompreensão destes estudantes de que a respiração possui eventos que se interligam entre o macro e o micro universos.

Novamente, para o aspecto que trata das relações sistêmicas entre a energia e o organismo (quadro 26), não houve representação de estudantes.

**Quadro 26 - Comparativo das relações sistêmicas energia-organismo entre MCP-4 e MC dos licenciandos**

Categorias		Resultados		
		Esperados	Alcançados	
			Sim	Não
1	Articulação da energia com os processos metabólicos do organismo	Articula energia com o consumo imediato e com o consumo posterior		1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13-14

Este fato nos leva a supor que estes estudantes não apresentam conhecimentos relativos a determinados eventos característicos do metabolismo energético como os relativos à síntese e ao consumo da energia pelo organismo, o eixo central do conceito de respiração.

**Quadro 27 - Articulação indivíduo-meio ambiente entre MCP-4 e MC dos licenciandos**

Categorias		Resultados		
		Esperados	Alcançados	
			Sim	Não
1	Relações de troca entre o indivíduo e o meio ambiente	As trocas se dão entre os gases CO <sub>2</sub> e O <sub>2</sub> , alimento e resíduos alimentares e entrada e saída de água		1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13-14

A ausência de representação para a categoria trabalhada neste aspecto que trata da articulação do indivíduo com o meio ambiente (Quadro 27) revela que estes estudantes não compreendem a respiração como um processo onde ocorrem trocas de várias substâncias entre o organismo e o meio ambiente e o seu porquê.

Segue-se a fala do estudante 05:

*E - [...] apesar que a respiração ocorre no corpo todo, então deveria ter essas palavras todas encaixadas. Não, nem todas, porque aqui tem "meio ambiente".*

*P – E a água? Você vê alguma relação com a respiração?*

*E- A gente sabe que tem. Mas fica difícil de fazer.*

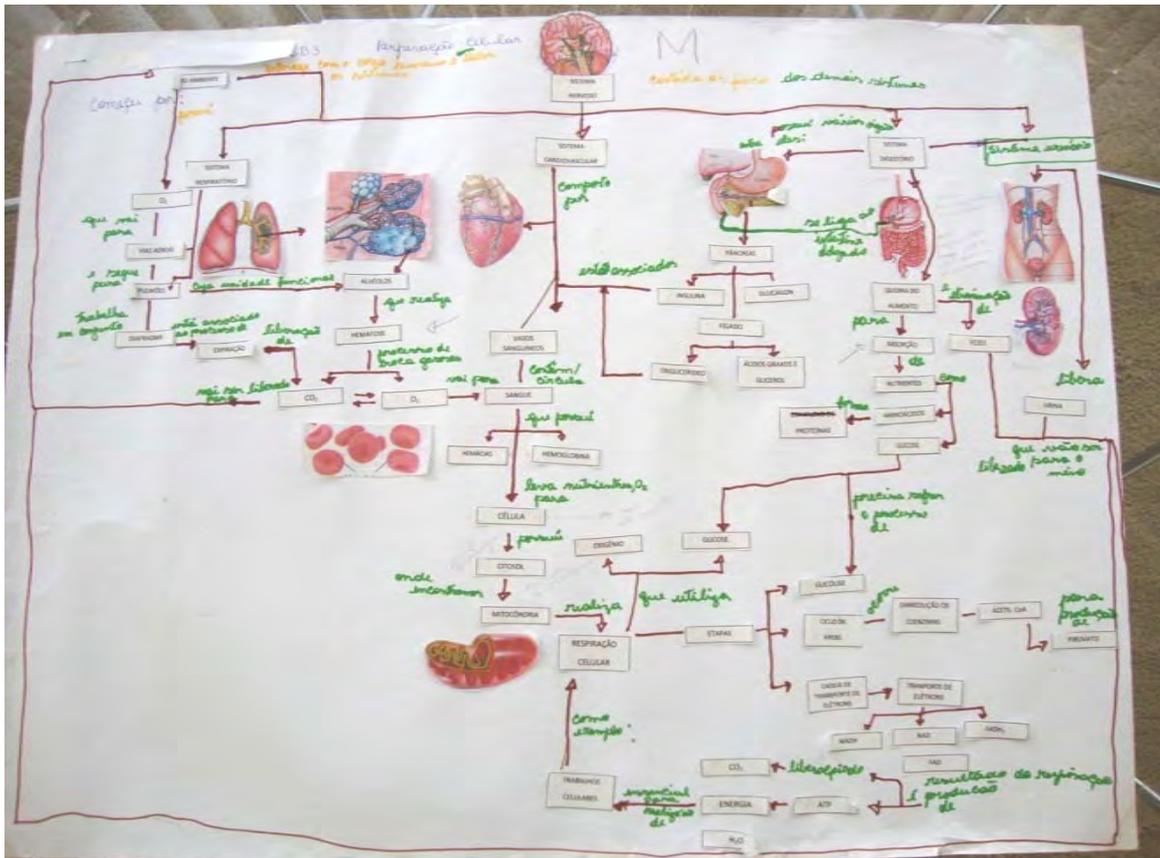
Um fato interessante de ser analisado é que: embora o estudante afirme que a respiração ocorre no corpo todo, não consegue usar os elementos (Figuras e Palavras) oferecidos para montar o mapa, ou seja, não consegue montar o panorama da respiração. Este fato nos leva a entender que este licenciando, em fase final do curso, compreende pouco o conteúdo abordado, sequer consegue relacionar a respiração com o meio ambiente.

A compreensão falha e fragmentada dos conceitos abordados se revelou como um entrave para a grande maioria destes estudantes tecerem e compreenderem as relações entre os sistemas vitais do organismo e a respiração. De acordo com Capra (1996) as funções do organismo vivo precisam ser compreendidas em termos de relações e de conexões, ou seja, dentro de uma visão sistêmica.

**4.1.1 Descrição e análise do mapa do estudante 12 (E-12)**

O critério utilizado para a seleção dos mapas dos licenciandos a serem detalhados neste trabalho, considerou o nível de aproximação (E-12; Figura 39), ou afastamento, destas produções, comparados ao 4º mapa da pesquisadora (MCP-4).

**Figura 39 - Construção do mapa em uma perspectiva de sistemicidade (MCE-12)**



**Aspectos macroscópicos**

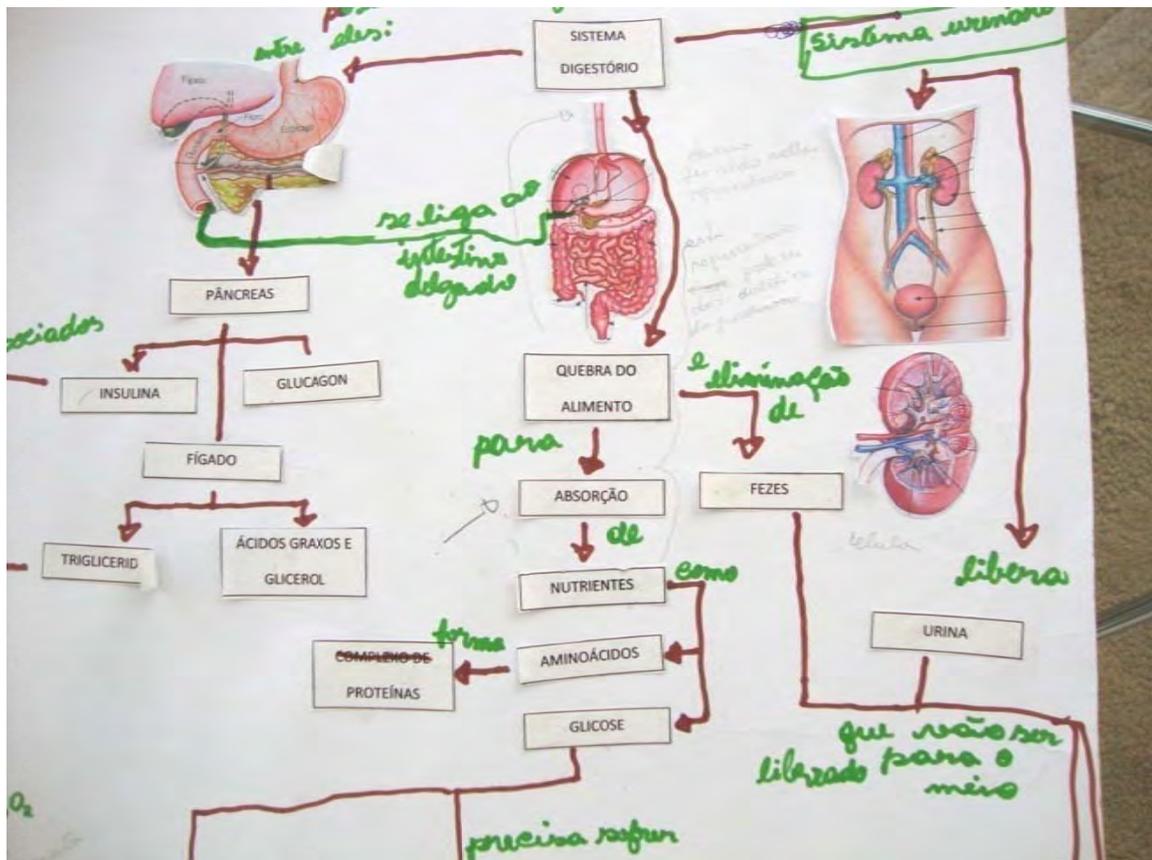
Com relação à abordagem macroscópica tratada nas categorias 1 - Percepção dos eventos envolvidos no processo respiratório - e 2 - Articulação dos aspectos macro e microscópicos relativos à respiração (Quadro 23), o estudante E-12 atinge os parâmetros desejados. Na análise do seu mapa observa-se que consegue tecer uma rede de relações que se estende entre os sistemas, o indivíduo, a célula e o meio ambiente, demonstrando compreender a respiração como um fenômeno único e complexo. No entanto, na categoria 3 - relativa às trocas que se dão neste contexto e que articulam o indivíduo ao meio ambiente - não demonstra um conhecimento de sistemicidade, pois trata apenas das trocas que se dão entre os gases. Não é

observada a entrada e saída de água nem a entrada de alimento a partir do meio ambiente, apesar de ser observada a devolução dos resíduos alimentares para o mesmo.

Em se tratando da quantidade de sistemas trabalhados e da articulação entre os mesmos (Quadro 23, categorias 4, 5, 6, 7) é observada a presença de cinco sistemas considerados como vitais para o organismo: nervoso, digestório, cardiovascular, respiratório e excretor. Todos estão representados de maneira anatomicamente correta e completa, estando, portanto articulados, formando uma teia de ligações que envolve alguns processos fisiológicos como quebra do alimento e absorção dos nutrientes no sistema digestório e transporte de nutrientes e gases nos sistemas respiratório e cardiovascular.

Na análise do mapa observa-se que na representação dos sistemas foram utilizados todos os elementos de caráter anatômico, de modo coerente. No entanto, o esboço que trata do sistema digestório poderia ter sido mais bem representado tendo em vista que a absorção dos nutrientes e a eliminação dos resíduos alimentares encontram-se diretamente ligados à quebra do alimento sem nenhuma demonstração de onde ocorrem estes fenômenos (Figura 40).

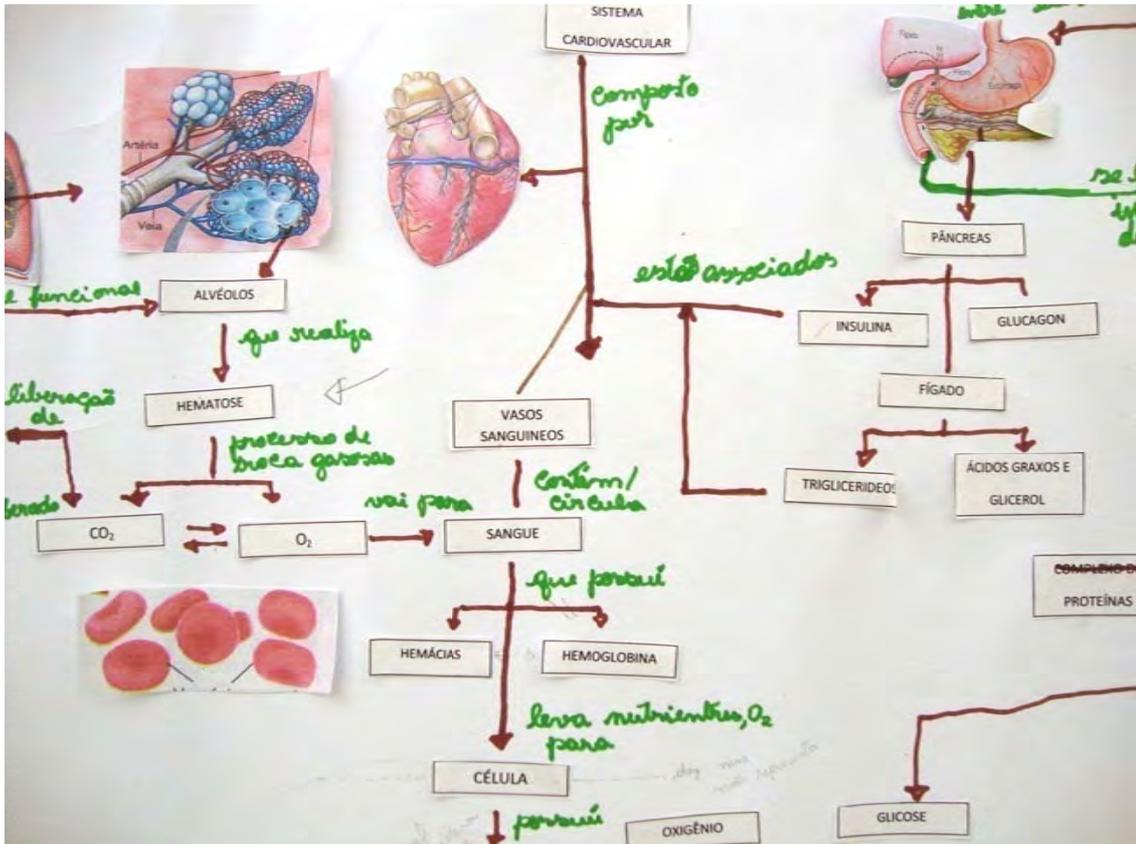
Figura 40 - Representação dos fenômenos digestório envolvidos na respiração (MCE-12)



Apesar da ausência de alguns elementos, os que se fazem presente dão à representação deste sistema uma clareza de compreensão, pois além dos órgãos explicitados nas figuras disponibilizadas, é observada a ilustração dos órgãos anexos, pâncreas e fígado, desempenhando suas respectivas funções. Neste contexto, vale salientar que apesar da ilustração ser clara, não há presença de conectores que expliquem a ação destes órgãos.

Com relação ao sistema cardiovascular, há uma representação completa em elementos que dizem respeito tanto aos aspectos anatômicos e fisiológicos, como aos aspectos de interrelações com o todo. Deste modo, torna-se possível uma compreensão articulada e contextualizada dos processos circulatórios nos diversos fenômenos ligados à respiração (Figura 41).

Figura 41 - Participação do sistema cardiovascular na respiração (MCE-12)



O sistema respiratório, bem como os tratados anteriormente, foi representado de maneira interligada aos demais sistemas, aos fenômenos da respiração e ao meio ambiente. No entanto, o sistema excretor, que se encontra completo em elementos, não apresenta nenhuma articulação com a molécula de água presente no esboço, apesar de estar diretamente ligado à urina.

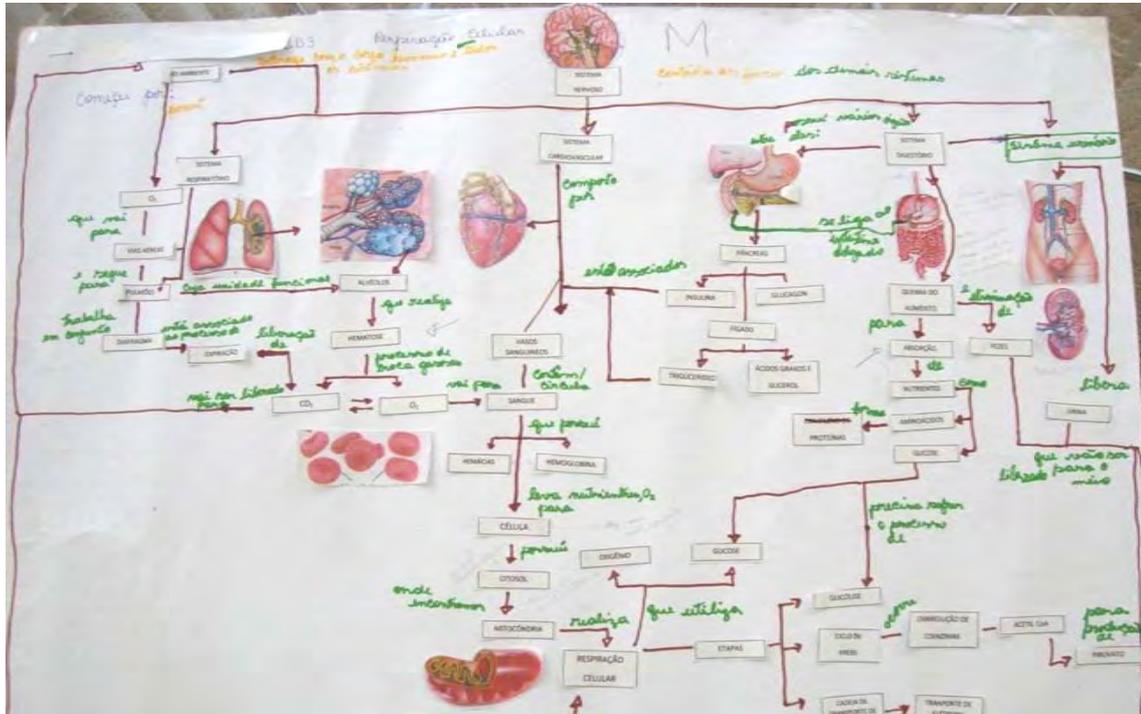
Nas relações de articulação que se dão entre os sistemas, é observada a importância do sistema nervoso no comando das funções de cada um dos sistemas possibilitando a ação simultânea dos mesmos e, deste modo, viabilizando processos de suma importância no fenômeno respiratório (Figura 42).

A quantidade de elementos utilizados durante a construção do esboço (Quadro 23, categoria 8), é compatível com a quantidade disponibilizada para este fim. Diferentemente, a quantidade de conectores fazendo as ligações entre os conceitos (categoria 9) não foi compatível com as articulações formadas.

Apesar das ligações sistêmicas estabelecidas quanto aos aspectos macroscópicos, a ausência de alguns elementos de natureza anatômica, fisiológica e de ligação

entre processos, foi observada neste mapa. Estas observações apontam para uma compreensão fragmentada destes conceitos, tornando-se um entrave no momento de articular determinados elementos no contexto de um fenômeno complexo.

**Figura 42 - Articulação do sistema nervoso com os eventos da respiração (MCE-12)**



**Aspectos Microscópicos**

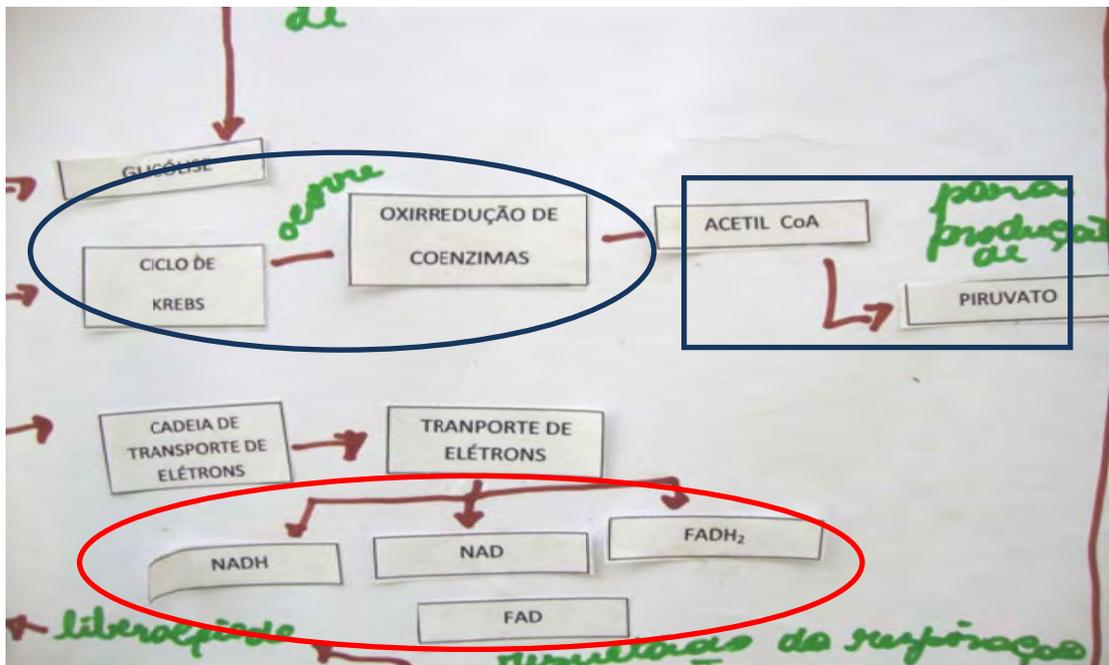
Com relação aos aspectos microscópicos (Quadro 24), os resultados referentes à categoria 1 - Articulação da estrutura celular com os processos da respiração - mostram que houve uma articulação entre a estrutura celular, os sistemas, os processos fisiológicos e as trocas com o meio. Não é observada, durante a análise do mapa, nenhuma ligação com tecidos que representem processos de difusão neste contexto.

Em se tratando dos aspectos fisiológicos envolvidos nesta questão, durante a análise do mapa, observou-se que há uma rede de ligações entre o pâncreas, os hormônios insulina e glucagon e o fígado, com os triglicerídeos, ácidos graxos e glicerol. No entanto, o estudante não explica a relação desses órgãos com as substâncias às quais estão interligados. Essa ausência de termos que expliquem essa teia de relações, diante de tantas outras que foram explicadas, nos leva a

supor que o determinado estudante pode saber que estes elementos se ligam, no entanto, não possui conhecimento suficiente para explicá-lo.

Com relação à Identificação das etapas microscópicas da respiração (Quadro 24, categoria 2), os parâmetros foram atingidos. No esboço, são citadas todas as etapas da respiração celular: glicólise, ciclo de Krebs e cadeia transportadora de elétrons. No entanto, nas categorias que tratam com especificidade dos conhecimentos relativos a estas etapas, como as de número 3 - Articulação entre os constituintes celulares e o processo respiratório; 4 - Representação das reações características da glicólise; 5 - Interpretação do Ciclo de Krebs; e 6 - Interpretação da CTE, os resultados foram diferentes. Na análise do mapa que trata destas categorias são observados alguns erros conceituais como, por exemplo, a articulação da glicólise à mitocôndria (categoria 3) além da ausência de qualquer elemento que explique esta etapa (categoria 4). Na categoria 5, que trata da descrição do ciclo de Krebs também se constata a presença de erros conceituais quando é descrito que nesta etapa ocorre uma oxirredução de coenzimas ligada à Acetil-CoA para produção de piruvato (Figura 43).

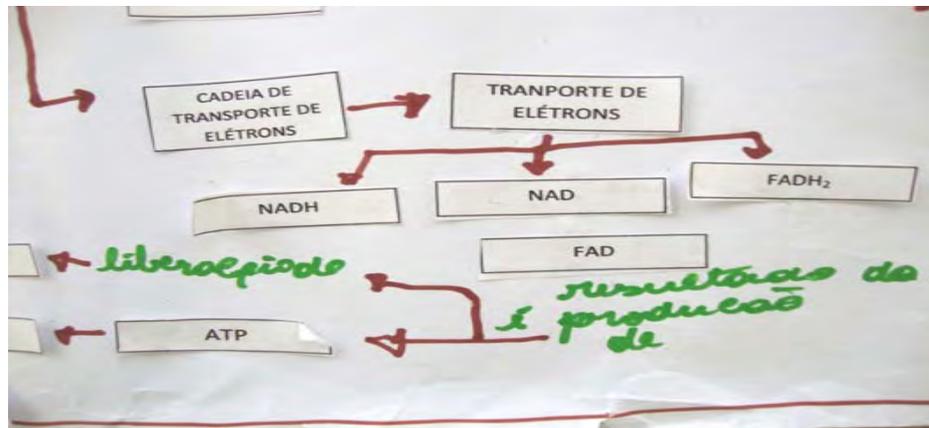
**Figura 43 - Representação do ciclo de Krebs e da CTE (MCE-12)**



Elipse azul, generalização quanto à relação entre o ciclo de Krebs e a oxirredução de coenzimas; retângulo azul, inversão conceitual: acetil-CoA “para produção de” piruvato; elipse vermelha, as coenzimas estão aglomeradas, sem distinção entre as formas reduzidas e oxidadas.

Na categoria 6 (Quadro 24), na cadeia transportadora de elétrons é observada apenas uma ligação do transporte de elétrons com as coenzimas NAD e FAD nas formas oxidadas e reduzidas. Não há, também, nenhuma explicação sobre as reações. Além da presença de erros conceituais há uma excessiva redução na quantidade de elementos que expliquem e que representem estes conjuntos de reações. Este fato reforça o nosso entendimento da ausência de conhecimentos relativos a conceitos complexos tratados na Bioquímica por parte do estudante. A Figura 44 traz essa representação.

**Figura 44 - Representação da CTE (MCE-12)**



Com relação às categorias 7 e 8 que tratam da síntese e das relações molécula de ATP com os processos metabólicos da respiração celular, o estudante não atingiu os parâmetros desejados tendo em vista que demonstra o ATP como sendo uma molécula rica em energia, resultante da respiração e que participa dos trabalhos celulares. No entanto, não há nenhuma explicação de onde ou como esta molécula é sintetizada e utilizada.

### **Aspectos macro e microscópicos envolvidos na respiração**

Os parâmetros relativos ao macro e micro universos tratados no Quadro 25, não são atingidos neste esboço uma vez que durante a análise do mapa é observada apenas a hematose como elemento de transição neste contexto, sendo desconsiderados, portanto, a absorção dos nutrientes e a difusão de água.

### **Relações sistêmicas entre a energia e o organismo**



**Abordagem macroscópica.**

Com relação à abordagem macroscópica, O estudante E-8 não atinge nenhum dos parâmetros abordados no Quadro 23, uma vez que em seu esboço fez apenas uma pequena representação do sistema respiratório. Essa representação é acrescida de uma ausência de conectores que expliquem as ligações entre as palavras que foram utilizadas.

**Abordagem microscópica**

Com relação a essa abordagem, os parâmetros referentes à mesma também não foram atingidos (Quadro 24). Observa-se uma ilustração simplificada indicando apenas que a respiração celular acontece na célula e ocorre na mitocôndria.

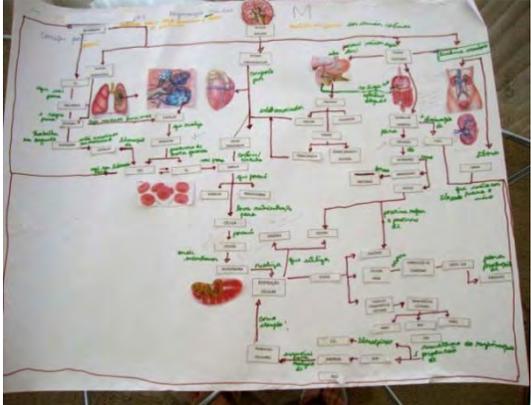
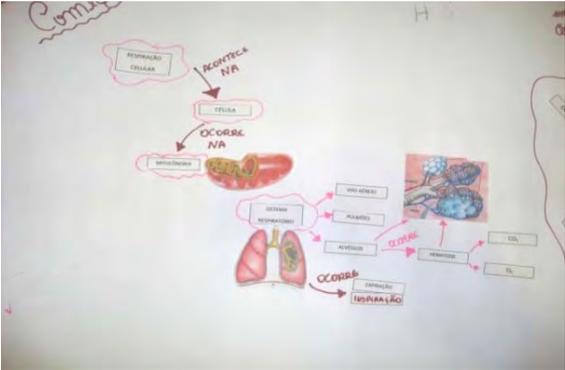
Na categoria que trata das transições entre o macro e o micro universos (Quadro 25) só se observa a hematose ligada aos gases  $O_2$  e  $CO_2$ .

Os parâmetros referentes às categorias apresentadas nos quadros 25,26 e 27, respectivamente: transição entre o macro e o micro universos, articulação da energia com os processos metabólicos do organismo e relações de troca entre o indivíduo e o meio ambiente, não foram atingidos. Também não há nenhuma representação que trate das categorias abordadas nestes quadros.

De modo geral, este estudante demonstra um conhecimento vago e simplificado sobre o conceito de respiração. Ignora a participação de todos os outros sistemas neste contexto, tendo em vista que só consegue representar, de modo simplificado e desorganizado, o sistema respiratório. As relações que faz entre os aspectos macro e microscópico não são pertinentes, tendo em vista que inicia o esboço tratando da respiração celular, ligando-a de modo confuso à célula e a mitocôndria. Em seguida, sem nenhuma ligação, parte para a representação macroscópica do sistema respiratório e as ligações também se dão de forma confusa, representando um amontoado de figuras e palavras com poucos conectores.

As devidas considerações foram feitas com base na representação ilustrativa onde se pode observar que grande parte da cartolina foi utilizada como “arquivo morto” (onde foi colado o material não utilizado). Estando esta parte do esboço explicada

**Quadro 28 - Análise dos MC dos licenciandos com base nas fases de formação de conceito em Vygotsky (MCE-12 e MCE-8)**

Amostras	Fase da formação de conceito em Vygotsky	Considerações em Vygotsky	Justificativa	Imagem
Mapa E-12	Pseudoconceito	É representado por um agrupamento de objetos de forma associativa, que poderia ter sido agrupado com base em conceitos abstratos.	Na análise do seu mapa observa-se que consegue tecer uma rede de relações que se estende entre os sistemas, o indivíduo, a célula e o meio ambiente, demonstrando compreender a respiração como um fenômeno único e complexo. No entanto, na categoria (3) relativa às trocas que se dão neste contexto e que articulam o indivíduo ao meio ambiente, não demonstra um conhecimento de sistemicidade, pois, trata apenas das trocas que se dão entre os gases. Não é observada a entrada e saída de água nem a entrada de alimento a partir do meio ambiente, apesar de ser observada a devolução dos resíduos alimentares para o mesmo.	
Mapa E-8	Agregação desorganizada	É representada pelo agrupamento de objetos desiguais de maneira desorganizada, sem fundamento.	[...] só consegue representar, de modo simplificado e desorganizado, o sistema respiratório. As relações que faz entre os aspectos macro e microscópicos não são claras, tendo em vista que inicia o esboço tratando da respiração celular, ligando-a de modo confuso à célula e à mitocôndria. Em seguida, sem nenhuma ligação, parte para a representação macroscópica do sistema respiratório onde as ligações também se dão de forma confusa, representando um amontoado de figuras e palavras com poucos conectores.	

## **CAPÍTULO 5 - CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O ponto de partida para este estudo foi a inquietação ocasionada pela maneira fragmentada como os conhecimentos são vivenciados na escola. A fragmentação que tanto dificulta a formação de conceitos por estudantes dos vários níveis de escolaridade se estende desde a estruturação das matrizes curriculares, perpassando pelos conteúdos abordados nos livros didáticos, até a prática desenvolvida em sala de aula pelo professor. Deste modo, afeta a formação de conceitos que necessitam ser construídos e entendidos de forma sistêmica.

O conceito de respiração é extremamente complexo. Basta pensarmos que a sua compreensão implica a percepção da interface entre conceitos de áreas diferentes da Biologia, como por exemplo, a Bioquímica, a Biologia Celular, a Fisiologia, a Anatomia e a Histologia. Além disso, envolve também a Ecologia ao tratar das interações que ocorrem entre o homem e o meio físico.

As maiores dificuldades enfrentadas para se compreender o conceito de respiração durante os anos de escolarização, se deve ao fato de ser tratado, desde o início, de modo desarticulado, em livros e séries completamente distintos. Por exemplo, os eventos macroscópicos são tratados em uma série (geralmente em anatomia e fisiologia do sistema respiratório, no 2º ano do Ensino Médio), enquanto a parte microscópica é tratada em uma disciplina diferente e em uma série completamente diferente (Bioquímica do metabolismo energético da célula, no 1º ano), sem estabelecer ligações que mostrem as interações entre estes conteúdos.

### **5.1 Considerações Sobre o Replanejamento do Estudo**

Inicialmente, o objetivo desta pesquisa era traçar um diagnóstico do conhecimento apropriado por concluintes de licenciatura em Ciências Biológicas a respeito dos conceitos envolvidos na respiração. Pretendia-se verificar se apresentavam uma compreensão sistêmica deste fenômeno, evidenciando as relações de troca entre os universos macro e microscópicos e as articulações envolvidas entre o organismo e o meio ambiente. A partir daí, coletadas as dificuldades apresentadas pelos estudantes pretendia-se desenvolver uma sequência didática que os ajudasse a superar os obstáculos encontrados e as possíveis lacunas conceituais. Numa fase

final seriam avaliados os resultados da intervenção e sua potencialidade para apoiar o ensino-aprendizagem de conceitos abstratos complexos.

O momento da construção dos mapas foi marcado por uma resistência muito grande dos licenciandos. Uma estudante negou-se a construir seu mapa, alegando que a atividade era muito difícil e que “não iria endoidar” e se retirou da sala. Os demais estudantes se queixaram de que não tiveram oportunidade de revisar o assunto. No entanto, o objetivo do estudo era exatamente captar os conhecimentos, de fato, ancorados em suas estruturas cognitivas, fruto dos seus anos de escolaridade (educação básica e superior). Infelizmente, os estudantes não tinham noção das suas enormes lacunas conceituais, fruto de um ensino fragmentado e descontextualizado e o susto foi grande demais!

Este fato provocou um re-direcionamento de todo o trabalho de pesquisa, tendo em vista que a partir desta situação os estudantes se negaram a continuar participando do estudo. Discutida a situação, optou-se por analisar o material coletado visando entender a percepção dos estudantes quanto à respiração. Esta análise envolveria identificar tanto o nível de compreensão relativo aos conceitos que permeiam a respiração, quanto a existência, ou não, de uma compreensão sistêmica do fenômeno respiratório. Em paralelo, realizou-se um trabalho de análise e reconstrução do conhecimento envolvendo a própria pesquisadora. Isto se justifica porque a análise da perspectiva dos licenciandos exigia uma reorganização dos conhecimentos nesta perspectiva, visando também criarem-se parâmetros para esta análise.

Ao tentar entender como os MC poderiam apoiar o trabalho de construção-reconstrução do conhecimento numa perspectiva de sistemicidade, foram recordadas as dificuldades enfrentadas pela própria pesquisadora na construção do seu primeiro MC sobre o tema, quando vivenciou situações semelhantes às dos estudantes.

## **5.2 O processo de auto-formação da professora-pesquisadora**

### **5.2.1 O perfil da professora-pesquisadora**

A professora pesquisadora deste trabalho teve sua formação acadêmica em um curso de Licenciatura em Biologia de uma universidade pública no início da década

de noventa. Em seguida, vinculou-se à rede pública de ensino onde leciona há 13 anos. No final da década de noventa se especializou em Ciências Biológicas em uma instituição particular de ensino superior.

Durante sua formação e especialização deparou-se com um sistema tradicional de ensino embasado em uma metodologia cartesiana, onde os conteúdos complexos da Biologia, em especial os relativos à Bioquímica, eram transmitidos de modo fragmentado e desarticulado dando margem ao surgimento de concepções alternativas (DRIVER *et al.*, 1994; 1995) ou simplificações redutoras (SPIRO, 1992); que induzem a erros de compreensão e interpretação de alguns fenômenos complexos como os envolvidos no conceito de respiração.

As dificuldades de compreensão e articulação dos conteúdos complexos da Biologia têm sido verificadas em diferentes cursos e nos mais variados níveis de escolaridade. Por exemplo, nos cursos de medicina (Spiro, 1987), de licenciatura em Biologia (Sá, 2007; Fabrício, 2005), mestrado em Bioquímica (Sá, 2007), Educação Básica (Sá, 2007; Lopes, 2007), Educação Infantil (Brito, 2009) sendo, portanto, um problema comum em estudantes. Ao se estender às suas respectivas práticas profissionais – no caso de bioquímicos, médicos e professores, por exemplo, essas dificuldades podem vir a causar danos irreparáveis, como relatados por Sá (2007) e Spiro (1987).

Deste modo, acreditando na ineficácia de um ensino fragmentado e descontextualizado e na crescente necessidade que o professor possui de traçar relações entre os conhecimentos para que estes se tornem significativos na sua prática docente é que se propôs, nesta pesquisa, um trabalho de auto-análise da professora pesquisadora paralelo ao processo dos licenciandos, a fim de verificar até que ponto as concepções a respeito dos fenômenos da respiração se constituíam em perspectivas fragmentadas ou sistêmicas.

A partir desta reflexão sobre o conhecimento construído, tornou-se possível identificar e trabalhar as lacunas conceituais relativas às relações entre os sistemas, e destes, com a respiração para permitir sua reestruturação e conseqüente mudança paradigmática, rumo a uma visão sistêmica. Nesta perspectiva, os conhecimentos que explicam um determinado fenômeno não podem ser vistos, nem tampouco compreendidos, de modo fragmentado.

### **5.2.2 O trabalho de reconstrução dos conhecimentos da pesquisadora**

O trabalho de reconstrução foi dividido em quatro etapas, cada uma delas iniciando com a elaboração de um mapa conceitual espontâneo sobre o conceito de respiração e suas articulações, seguida da análise, por árbitros, e discussão do grupo sobre a produção, que remetia a uma revisão mais aprofundada da literatura, culminando com a construção de novo mapa conceitual.

A revisão da literatura, relativa aos conteúdos específicos da Biologia - que tratam da anatomia e fisiologia dos sistemas - e da Bioquímica - que trata do metabolismo energético, se deu juntamente com esclarecimentos vindos dos professores orientadores da pesquisadora e também pesquisadores, nas áreas específicas da Bioquímica e da Formação de Professores, que trabalham dentro de uma visão sistêmica.

Ao final de cada etapa, a partir das considerações feitas, seguia-se uma nova e mais aprofundada revisão da literatura, na busca de esclarecer os pontos obscuros que se revelavam como obstáculos à compreensão sistêmica desse fenômeno. Com base nesse aprofundamento, partia-se para uma nova construção onde seriam contemplados os aspectos não visualizados na produção anterior.

Através das sucessivas construções desses mapas conceituais tornou-se possível, ao final de cada construção, avaliar a produção realizada tendo em vista verificar como o conhecimento estava organizado. Essas avaliações pontuavam aspectos relativos: (a) a presença ou ausência de elementos-chave importantes; (b) às relações que se formavam entre os elementos constituintes; (c) às ligações que se davam entre esses elementos; e (d) ao uso incorreto dos conectores ou a sua ausência.

Concluídas as etapas, obtivemos um total de quatro mapas construídos onde, três destes foram utilizados para o processo de análise da evolução conceitual da pesquisadora. O quarto foi utilizado como guia orientador para a análise dos mapas dos entrevistados, uma vez que neste, foram utilizadas apenas as figuras, palavras e conectores constantes dos kits entregues aos licenciandos participantes da pesquisa, servindo de parâmetro para verificar até onde os estudantes poderiam ter chegado.

### 5.2.3 Os MC na Formação continuada de Professores

Os mapas conceituais também foram utilizados, neste estudo, para verificar seu potencial como ferramenta de apoio à auto-formação de professores. O procedimento adotado foi o seguinte: após a construção, pela pesquisadora, de cada MC era feita uma reflexão/discussão, com as professoras orientadoras, sobre os conceitos que haviam sido colocados, os considerados importantes, os que não possuíam ligação e os que não foram inseridos, mas que poderiam ser sido, além da coerência destes conceitos no contexto trabalhado e as relações que se formavam entre os mesmos. O passo seguinte consistia em uma nova construção onde a pesquisadora tentava resolver as lacunas apontadas anteriormente. Deste modo, cada nova construção se mostrava um esboço mais amplo e mais sistêmico. Constatou-se, neste processo uma evolução conceitual na pesquisadora.

O MCP-1 se mostrou fragmentado e desarticulado. Apresentou lacunas conceituais que apontavam para a necessidade de uma reestruturação do conhecimento, pois mostrava o modo fragmentado e distorcido da pesquisadora compreender a respiração, fazia referência a poucos elementos do macro e do micro universos como parte deste contexto, além de formar ligações limitadas a poucos elementos.

Na segunda construção (MCP-2), o esboço já se mostrava mais expandido indicando o início de uma evolução conceitual que se dava em vários aspectos: a quantidade de elementos inseridos, a quantidade de ligações que se formavam entre estes elementos e a sistemicidade dessas ligações.

Com a construção do MCP-3, pôde-se observar, de fato, uma evolução conceitual significativa. Este esboço envolvia uma grande quantidade de elementos do macro e do micro universos, integrados e interrelacionados em uma rede de ligações que perpassavam pelos sistemas vitais do organismo, pelo meio celular e pelo meio ambiente físico no qual o organismo está inserido.

Esta evolução conceitual, ocasionada pelas construções dos mapas, viabilizou a transição das concepções da pesquisadora, de uma visão fragmentada e desarticulada, fruto de uma educação básica e uma formação docente voltada para uma perspectiva cartesiana, para uma visão articulada e sistêmica do fenômeno estudado.

Constatou-se, portanto, que a construção dos mapas conceituais possibilitou uma reflexão sobre como os conhecimentos estão interligados. Este fato remeteu a pesquisadora a um processo de auto-análise, considerando sua formação docente, a necessidade que sentiu de renovar seus conhecimentos durante o curso vigente e todo seu processo de evolução conceitual que se deu nesse período.

### **5.3 O processo com os licenciandos**

Anteriormente à aplicação da diagnose, foi criado um vínculo de compromisso com os licenciandos através de um termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE), envolvendo a responsabilidade da pesquisadora com os aspectos éticos da pesquisa e o compromisso dos estudantes com a mesma. Após o esclarecimento do que seria a pesquisa, um grupo de vinte estudantes assinou o documento se comprometendo em participar. No entanto, no dia marcado para a aplicação da diagnose houve uma dispersão destes estudantes que, insatisfeitos com um feriado que poderia ter sido vivenciado nesta data e tinha sido modificado pela universidade, se mostraram, em grande parte, desinteressados em participar. Um deles chegou a negar a própria identidade dizendo não ser ele a pessoa cuja assinatura constava no documento. Após um grande esforço, conseguiu-se reunir 14 estudantes.

No momento da aplicação, apesar das explicações sobre como deveria ser o desenvolvimento daquela atividade, muitos deles mostraram incompreensão no processo de construção dos mapas dizendo que a atividade era muito difícil de ser realizada. Uma estudante se retirou da sala, como já foi dito. Apenas uma estudante elogiou dizendo que iria fazer a mesma atividade com seus alunos. No entanto, observou-se que muito dessas incompreensões se deviam ao fato de não conseguirem relacionar boa parte dos elementos oferecidos para a construção com o tema abordado. Isso pode ser observado na fala de alguns desses estudantes questionados sobre o mesmo item:

*P – Estou vendo que sobrou um monte de palavras. O que houve?*

*E-5 - Tem muita palavra repetida. Mas, elas não estão porque acho que não fazem ligação. Eu não consegui relacionar e não lembro bem os sistemas para colocar em ordem.*

*P – Qual foi a principal dificuldade que você encontrou para fazer este trabalho?*

*E-9 - Interligar todos os sistemas na respiração. Eu sei que a respiração é a base de tudo. É ela que fornece energia para todos os sistemas, mas tive dificuldade de fazer as ligações e de fazer uma sequência lógica.*

*E-1 - Interligar os sistemas convergindo para que todos... porque todos fazem a respiração. O mais difícil foi isso.*

Deste modo, com relação aos resultados das construções, podemos considerar que alguns fatores podem ter se constituído como obstáculos à realização desta atividade, interferindo, portanto no desenvolvimento da mesma. Vejamos alguns destes fatores:

- A pressa dos estudantes em terminar logo, devido aos fatores que foram mencionados;
- Dificuldade em construir o esboço, devido à maneira fragmentada com que os conteúdos, apresentados para a atividade, foram transmitidos durante os anos de escolarização proporcionando a persistência de uma visão desarticulada;
- Dificuldade de alguns em construir o esboço por se tratar da primeira vez que participavam de uma atividade envolvendo a construção de um mapa conceitual;
- Incompreensão dos conteúdos complexos da Biologia e da Bioquímica, envolvidos no contexto trabalhado.

### **5.3.1 A entrevista**

A entrevista foi realizada juntamente com a aplicação da atividade, ou seja, quando o estudante terminava sua construção, eram feitas perguntas para esclarecer mais sobre a construção. Este item também constava no termo (TCLE). No entanto, dois dos estudantes que participaram da pesquisa não quiseram ser entrevistados. Assim que terminaram suas construções deixaram o material no local e foram saindo, quando lembrados sobre a entrevista, disseram que não queriam participar.

A entrevista se deu através de questionamentos que buscavam explicações dos estudantes sobre o desenvolvimento da construção:

- Qual foi sua maior dificuldade na realização deste trabalho?
- Por onde você começou a construção?
- Qual o percurso de sua construção?
- Onde terminou a construção?
- Por que não utilizou todas as palavras e figuras oferecidas no kit?

Os depoimentos coletados a partir destes questionamentos contribuíram com o processo de análise dos mapas, tendo em vista que em suas falas os estudantes expressaram pontos relevantes da concepção que possuíam sobre o tema estudado.

#### **5.4 A Guisa de Conclusão**

A avaliação diagnóstica identificou uma visão fragmentada e desarticulada da respiração, seja por parte dos licenciandos, seja por parte da pesquisadora.

Os licenciandos, em sua maioria, representaram a respiração em um contexto fragmentado e desarticulado, no que se refere à relação deste fenômeno com os sistemas do organismo, juntamente com o ambiente no qual o homem está inserido. Não estabeleceram, portanto, as relações entre os aspectos macro e microscópicos, que caracterizam a respiração como um fenômeno único.

A pesquisadora, inicialmente representou este fenômeno de modo fragmentado e desarticulado. Com a evolução do trabalho, passou a estabelecer relações articuladas e sistêmicas entre os universos macro e microscópicos da respiração, envolvendo a ação dos principais sistemas do organismo e o meio ambiente e a rede de relações formada caracterizou a respiração como um fenômeno único.

Em relação aos mapas conceituais, os dados evidenciaram sua importância tanto no processo de identificação de lacunas como na reorganização conceitual, considerando a evolução de uma visão fragmentada para uma visão articulada e sistêmica do fenômeno estudado, no caso da pesquisadora.

Finalmente, os dados sugerem a possibilidade de utilização dos mapas conceituais como ferramenta para *apoiar* a formação de professores numa perspectiva de ruptura paradigmática tanto no que se refere à construção conceitual sistêmica como nos modelos tradicionais de formação inicial e continuada.

## REFERÊNCIAS

ALBERTS, B. *et al.* **Biologia molecular da célula**. Porto Alegre: Artmed, 2010.

AMABIS, J. M.; MARTHO, G. R. **Biologia das células**. Vol. 1. São Paulo: Moderna, 2004.

AMABIS, J. M.; MARTHO, G. R. **Biologia dos organismos**. Vol. 2. São Paulo: Moderna, 2004.

AUSUBEL, D. P., HANESIAN, H. **Psicologia Educacional**. Rio de Janeiro: Editora Interamericana, Ltda, 1980.

BASTOS, H.; ALBUQUERQUE, E. S. C. de; MAYER, M. e ALMEIDA, A. **Preparando professores para enfrentar os desafios da interdisciplinaridade: Alguns Resultados de um Grupo de Professoras Brasileiras**. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DA WORLD ASSOCIACION FOR EDUCATIONAL RESEARCH (WEAR), 13., Sherbrooke, 2000.

BRASIL. **Lei n. 9394**, de 20 de Dezembro de 1996. Diário [da] República Federativa do Brasil. Brasília, DF, 23 Dezembro 1996, n. 248. Atos do Poder Legislativo. Presidente Fernando Henrique Cardoso.

BRASIL. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros Curriculares Nacionais Ensino Médio**: PCNEM. Parte III: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias – PCNEM. Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Média e Tecnológica, 1999. 364 p.

BRASIL. **PCN+ Ensino Médio**: Orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Ciências da Natureza, Matemática e suas tecnologias. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Média e Tecnológica, 2002.

BRASIL. **Orientações Curriculares para o Ensino Médio**: Volume 2. Ciências da Natureza, Matemática e suas tecnologias. Secretaria de Educação Básica. Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, 2006.

BRITO, A. C. **Alfabetização ecológica e formação de conceitos na educação infantil através de atividades lúdicas**. Dissertação (Programa de Pós-Graduação no Ensino de Ciências, UFRPE), 2009.

BURST, B.; BURST, B. **Aparelho digestivo: a fábrica de energia**. (Filme-vídeo). Produção e Direção de Barbara Burst. Londres, Discovery Channel, 1995. 1 cassete VHS/NTSC, 25 min. color. son.

BURST, B.; BURST, B. **Respiração: os caminhos do ar**. (Filme-vídeo). Produção e Direção de Barbara Burst. Londres, Discovery Channel, 1995. 1 cassete VHS/NTSC, 25 min. color. son.

CAPRA, F. **A teia da vida**. Uma nova compreensão científica dos sistemas vivos. São Paulo: Cultrix, 1996.

CAPRA, F. **As conexões ocultas: ciência para uma vida sustentável.** São Paulo: Cultrix, 2002.

CAPRA, F. *et al.* **Alfabetização ecológica.** A educação das crianças para um mundo sustentável. São Paulo: Cultrix, 2006.

CARNEIRO-LEÃO, A. M. A.; MAYER, M. NOGUEIRA, R. A. **Ensino de Biologia, Meio Ambiente e Cidadania: olhares que se cruzam.** 1. ed. Recife: UFRPE, 2009. V. 1. 206 p.

CARNEIRO-LEÃO, A. M. A., SÁ, R. B. G., JÓFILI, Z. M. S. **Formação do pensamento científico: a Biologia e suas interfaces como ponto de reflexão.** In: COLOQUIO INTERNACIONAL EDUCAÇÃO E COMPORANIEDADE (EDUCON), 4., Aracaju, 2010, p. 1-14.

CARRETERO, M. **Construtivismo e educação.** Porto Alegre: Artes Médicas, 1997.

CARVALHO, A. A. A. **Os documentos hipermídia estruturados segundo a teoria da flexibilidade cognitiva: importância dos comentários temáticos e das travessias temáticas na transferência do conhecimento para novas situações.** Tese de Doutorado (Universidade do Minho), 1998.

CARVALHO, A. A. A. A Representação do conhecimento segundo a Teoria da Flexibilidade Cognitiva. **Revista Portuguesa de Educação**, ano 2, n.13, 2000.

CAVALCANTI, Glória M. D. **Formação Continuada de Professores de Ciências da Rede Pública Estadual de Pernambuco.** (Dissertação de Mestrado). Recife: UFRPE, 2004.

CHAMPE, P. C.; HARVEY, R. A.; FERRIER, D. R. **Bioquímica Ilustrada.** 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 528 p.

CHEVALLARD, Y. **La transposition didactique: du savoir savant au savoir enseigné.** 2 ed. Grenoble: La Pensée Sauvage, 1991.

COLL, C. *et al.* **Construtivismo na sala de aula.** São Paulo: Ática, 1990.

COLL, C., MARCHESI, A., PALACIOS, J. **Desenvolvimento psicológico e educação.** Porto Alegre: Artmed, 2004.

COSTAMGNA, A. M. Mapas conceptuales como expresión de procesos de interrelación para evaluar La evolución Del conocimiento de alumnos universitários. **Enseñanza de las Ciências**, Barcelona, v. 16, n. 2, p. 309-318, 2001.

COULSON, R. L., FELTOVICH, P. J.; SPIRO, R. J. Foundations of a misunderstanding of the ultrastructural basis of myocardial failure: a reciprocation network of over simplifications. **The Journal of Medicine and Philosophy**, 1989. 14, p. 109-146.

CURTIS, H. **Biologia.** Rio de Janeiro: Guanabara Koogan S. A., 1977.

DRIVER, R.; SQUIRES, A.; RUSHWORTH, P; WOOD-ROBINSON, V. **Making sense of secondary science.** London: Routledge, 1994.

DRIVER, R.; LEATCH, J.; MILLAR, R.; SCOTT, P. **Young people's images of science**. Buckingham: Open University Press, 1995.

FABRÍCIO, M. F. L. **Obstáculos à compreensão das leis de Mendel por alunos de biologia na educação básica e na licenciatura**. Dissertação (Programa de Pós-Graduação no Ensino das Ciências, UFRPE), 2005.

FELTOVICH, P., SPIRO, R. E COULSON, R. The nature of conceptual understanding in Biomedicine: The deep structure of complex ideas and the development of misconceptions. In D. Evans & V. Patel (Eds.). **The cognitive sciences in medicine**. Cambridge. 1988. Disponível em: <<http://www.eric.ed.gov/ED302820.pdf>> Acesso em: 20 jan. 2011.

FREIRE, P. **Ação cultural para a liberdade e outros escritos**, 2 ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1977.

FREIRE, P. **Pedagogia da Autonomia**: saberes necessários à prática educativa. São Paulo: Paz e Terra, 1996.

HOUAISS, **Dicionário da língua portuguesa**. 2 ed., rev. e aum. Rio de Janeiro: Objetiva, 2004.

JÓFILI, Z. M. S. Refletindo a formação docente: um estudo sobre a pesquisa-ação-crítico-colaborativa. In: IV Colóquio Internacional Educação e Contemporaneidade, 2010, Aracaju. **Anais...** Aracaju: Editora da Universidade Federal de Sergipe, 2010. v. IV. p. 1-14.

JUNQUEIRA, L. C., CANEIRO, J. **Biologia Celular e Molecular**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2000.

LEHNINGER, A. L.; COX, N.; YARBOROUGH, K. **Princípios de bioquímica**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2006.

LE MOIGNE, J. L. Inteligência da Complexidade. **Sísifo/Revista de Ciências da Educação**, n.4, p.117-128, 2007.

LINHARES, S.; GEWANDSZNAJDER, F. **Biologia hoje**: Os seres vivos, volume 2. São Paulo: Ática, 2010.

LINHARES, S.; GEWANDSZNAJDER, F. **Biologia hoje**. volume 1. São Paulo: Ática, 2010.

LOPES, Cristianne. **Representações de Professores de Ciências sobre formação continuada**: o caso do Encontro Pedagógico Mensal da Prefeitura da Cidade do Recife. (Dissertação de Mestrado). Recife: UFRPE, 2004.

LOPES, F. B. M. **Ciclo celular: estudando a formação de conceitos no ensino médio**. Dissertação (Programa de Pós-Graduação no Ensino das Ciências, UFRPE), 2007.

LOPES, S.; ROSSO, S. **Biologia**. São Paulo: Saraiva, 2007.

- MARIOTTI, H. **As Paixões do Ego**: Complexidade, Política e Solidariedade. São Paulo: Editora Palas Athenas, 2000.
- MARZZOCO, A., TORRES, B. B. **Bioquímica Básica**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1999.
- MOREIRA, M. A. Mapas conceituais como instrumento para promover a diferenciação conceitual progressiva e a reconciliação integrativa. **Ciência & Cultura**, São Paulo, v. 32, n. 4, p. 474-479, 1980.
- MOREIRA, M. A. e BUCHWEITZ, B. **Novas estratégias de Ensino e Aprendizagem**. Lisboa: Editora PLÁTANO Edições Técnicas, 1993.
- MOREIRA, M. A. **Aprendizagem significativa**: Um conceito subjacente. In: ENCUESTRO INTERNACIONAL SOBRE EL APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO. International Meeting on Meaningful Learning. **Anais...** Proceedings. Universidade de Burgos, 1997.
- MOREIRA, M. A. **Teorias de Aprendizagem**. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária Ltda., 1999.
- MORETTO, V. P. **Construtivismo**: a produção do conhecimento em aula. Rio de Janeiro: DP&A editora, 2000.
- MORIN, E. **Os sete saberes necessários à educação do futuro**. São Paulo: Cortez, 2001.
- NOVAK, J. D.; GOWIN, D. B. **Aprender a aprender**. Lisboa: Plátano Edições Técnicas. Tradução de **Learning how to learn** (1984). Ithaca, N.Y.: Cornell University Press, 1996.
- NOVAK, J. D., CAÑAS, A. J. A teoria subjacente aos mapas conceituais e como elaborá-los e usá-los. **Práxis Educativa**, v.5, n.1, p. 9-29 , 2010.
- NUÑEZ, I. B.; RAMALHO, B. L. **Fundamentos do Ensino-Aprendizagem das Ciências Naturais e da Matemática**: o Novo Ensino Médio. Porto Alegre: Sulina, 2004.
- PEREIRA, A. F. **Diagnóstico inicial das dificuldades de articulação e sobreposição dos conceitos básicos da genética utilizando jogos didáticos**. Dissertação (Programa de Pós-Graduação no Ensino das Ciências, UFRPE), 2008.
- RUIZ-MORENO, L. *et al.* Mapa conceitual: ensaiando critério de análise. **Ciência e Educação**, v. 13.n 3, p. 453-465, 2007.
- SÁ, R. G. B. **Um estudo sobre a evolução conceitual de respiração**. Dissertação (Programa de Pós-Graduação no Ensino das Ciências, UFRPE), 2007.
- SCHNETZLER, R. **Construção do conhecimento e Ensino de Ciências**. Em Aberto, Brasília, ano 11, n 55, jul/set, 1992.

SOUSA, A. A. A. **Aplicação da Teoria da Flexibilidade Cognitiva ao Ciclo do Ensino Básico**: Um estudo sobre a Qualidade do Ambiente. Dissertação (Universidade do Minho), 2004.

SOUZA, N. A., BORUCHOVITCH, E. Mapa conceitual: seu potencial como instrumento avaliativo. **Pro-Posições**, v. 21, n. 3, p. 173-192, 2010.

SOUZA, N. A., BORUCHOVITCH, E. Mapas conceituais: estratégia de ensino/aprendizagem e ferramenta avaliativa. **Educação em Revista**, v.26, n.03, p.195-218, 2010.

SPIRO, R., DESCHRYVER, M. **Constructivism**: When It's the Wrong Idea and When It's the Only Idea. In: MAHWAH, NJ: LAWRENCE ERLBAUM (Eds.). *Constructivist Theory Applied to Instruction: Success or Failure*, S. Tobias & T. Duffy. Michigan State University, (s.d).

SPIRO, R., VISPOEL, W. P., SCHMITZ, J. G., SAMARAPUNGAVAN, A., BOERGER, A. E. **Knowledge Aquisition for Application: Cognitive Flexibility and Transfer in Complex Content Domains**. In B. C. Britton e S. M. Glynn (Eds.), *Executive Control in Processes in Reading*. New Jersey: LAWRENCE ERLBAUM ASSOCIATES, 1987.

SPIRO, R., FELTOVICH, P., COULSON, R. e ANDERSON, D. **Multiple analogies for complex concepts**: antidotes for analogy-induced misconceptions in advanced knowledge acquisition. University of Illinois at Urbana - Champaign. (1988). Disponível em <<http://www.eric.ed.gov/PDFS/302821.pdf>> Acesso em: 20 jan. 2011.

SPIRO, R. J., FELTOVICH, P. J., JACOBSON, N. J., COULSON, R. L. Knowledge representation, and the development of skill in situation specific knowledge assembly: some constructivist issues as they relate to cognitive flexibility and hypertext. In: DUFFY, T. M., JONASSEN, D. H. (Eds.) **Constructivism and the technology of instruction. A conversation**. Lawrence Erlbaum Associates: Hilldale, 1992. p. 121-128.

SPIRO, R., JEHNG, J. C. **Cognitive Flexibility and Hypertext**: theory and technology for the nonlinear and multidimensional traversal of complex subject matter. In Don Nix e R. Spiro (Eds.), *Cognition, Education, and Multimedia: Exploring Ideas in High Technology*. HILLSDALE, NJ. LAWRENCE ERLBAUM ASSOCIATES, 1990.

STENSVOLD, M. S.; WILSON, J. T. The interaction of verbal ability with concept mapping in learning from a chemistry laboratory activity. **Science Education**, Hoboken, New Jersey, v. 74, n. 4 p. 473-489, 1990.

TARDIF, Maurice. **Saberes docentes e formação profissional**. Petrópolis, RJ: Vozes, 2002.

TORTORA, G. J. **Corpo humano**: fundamentos de anatomia e fisiologia. Porto Alegre: Artmed editora, 2001.

VASCONCELLOS, V. M. R.; VALSINER, J. **Perspectiva co-constitutivista na psicologia e na educação**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1995.

VYGOTSKY, L. S. **A Formação Social da Mente**: o Desenvolvimento dos processos Psicológicos Superiores. São Paulo: Martins Fontes, 1984.

VYGOTSKY, L. S. **Pensamento e Linguagem**. São Paulo: Martins Fontes (traduzido do Thought and language por Jefferson Luiz Camargo), 1999.

VYGOTSKY, L. S. **A construção do pensamento da linguagem**. São Paulo: Martins Fontes, 2005.

## APÊNDICE A – TCLE

### UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DAS CIÊNCIAS

#### TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO – TCLE

Eu, **Elizabeth P. Medeiros**, mestranda em Ensino de Ciências da Universidade Federal Rural de Pernambuco e Professora da Escola Estadual Pe. Nicolau Pimentel – Limoeiro PE, estou desenvolvendo a pesquisa intitulada “**A Aprendizagem cooperativa como estratégia para a compreensão do conceito de respiração celular**”,<sup>1</sup> sob a orientação das Professoras Dra Ana Maria dos Anjos Carneiro Leão e Dra Zélia Maria Soares Jófili.

Venho pelo presente solicitar a sua participação, juntamente com todos os demais alunos do curso de licenciatura em Ciências Biológicas, matriculados na disciplina Estágio Supervisionado II e participantes do PIBID, na pesquisa. A participação não é obrigatória e constará de entrevistas com questões para um levantamento dos conhecimentos prévios de cada estudante sobre respiração celular. As entrevistas terão momentos de videogravação.

Os objetivos deste estudo são: investigar a contribuição de uma aprendizagem cooperativa e de um estudo sistêmico na formação do conceito de respiração celular através da identificação dos obstáculos à formação desse conceito.

Informo que as videograções ficarão a disposição dos participantes ou responsáveis que poderão autorizar, ou não, a divulgação das imagens gravadas. A qualquer momento você pode desistir de participar e retirar seu consentimento e sua recusa não trará nenhum prejuízo em sua relação com a pesquisadora, a disciplina ou a Universidade. Você receberá uma cópia deste termo onde consta o telefone e o endereço da pesquisadora, podendo tirar suas dúvidas sobre o projeto e sua participação, agora ou a qualquer momento.

Solicito devolução deste documento assinado considerando que o primeiro momento da entrevista será realizado no mês de outubro de 2009, em data a ser agendada de acordo com a disponibilidade da turma.

Dados da Pesquisadora

Elizabeth P. Medeiros

Endereço: R- José de Barros Nº 222, casa 14. Centro. Feira Nova PE

Tel: 3645-1331. 96021298, e-mail elizabethmedeiros05@yahoo.com.br

Declaro que entendi os objetivos, riscos e benefícios de minha participação na pesquisa e concordo em participar. Entendo que meus dados pessoais serão mantidos em sigilo e que os resultados obtidos através da pesquisa serão utilizados para alcançar os objetivos do trabalho expostos acima, incluindo sua publicação na literatura científica especializada.

Recife, 18 de outubro de 2009

---

Nome completo do Participante – RG (assinatura)

---

Endereço completo

---

Telefone e email

1- O título da dissertação foi alterado durante a pesquisa

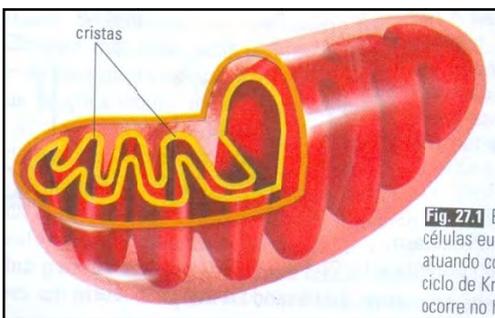
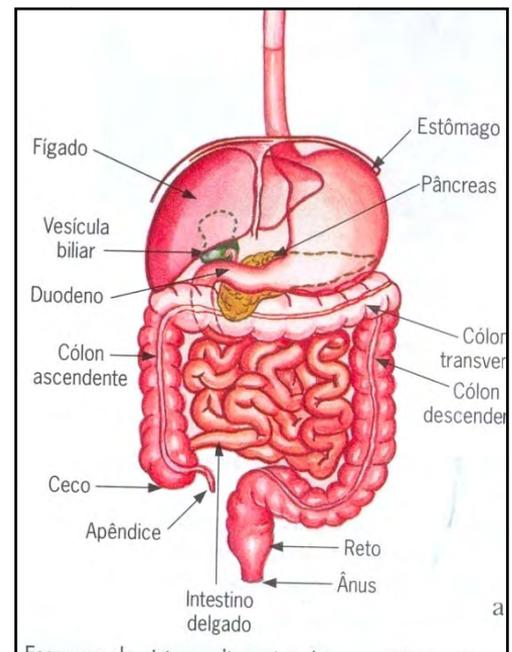
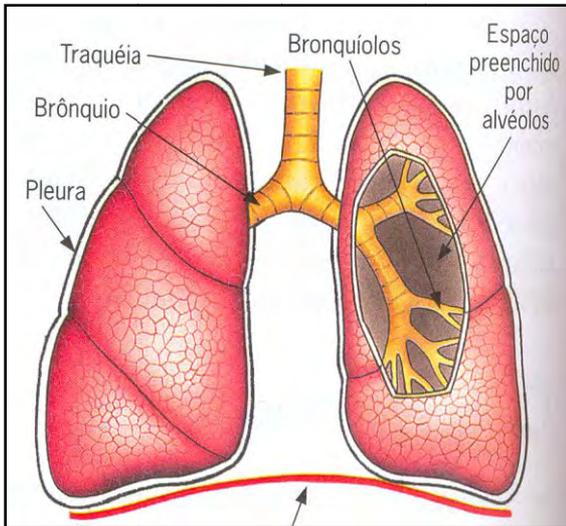
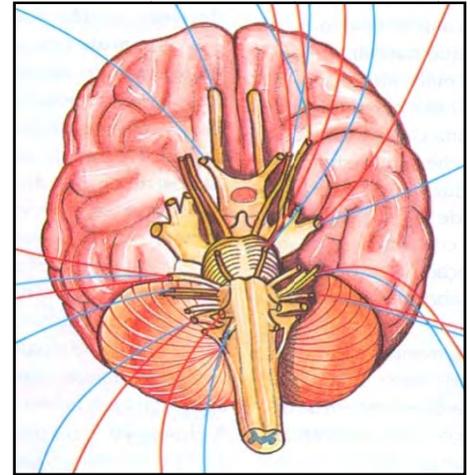
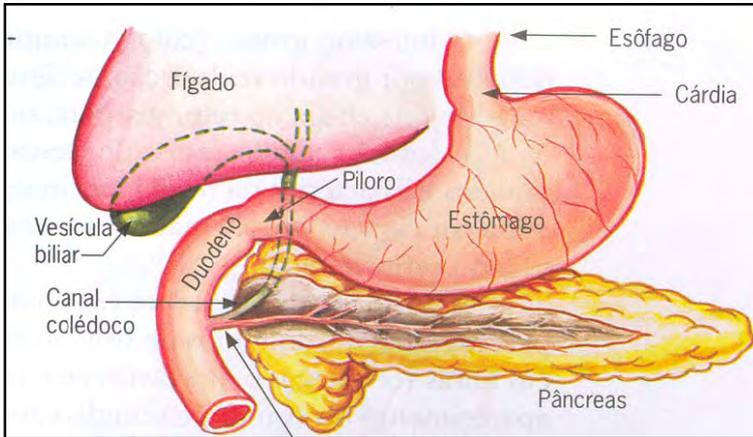
## APÊNDICE B – LISTA DE PALAVRAS PARA A CONSTRUÇÃO DOS MAPAS CONCEITUAIS EM *PARKING LOT*

SISTEMA CARDIOVASCULAR	MEIO AMBIENTE	CICLO DE KREBS
ÁCIDOS GRAXOS E GLICEROL	VASOS SANGUÍNEOS	FAD
AMINOÁCIDOS	SANGUE	FADH <sub>2</sub>
GLICOSE	HEMÁCIAS	NAD
ABSORÇÃO	HEMOGLOBINA	NADH
QUEBRA DO ALIMENTO	CÉLULA	OXIRREDUÇÃO DE COENZIMAS
SISTEMA DIGESTÓRIO	CITOSOL	CO <sub>2</sub>
NUTRIENTES	MITOCÔNDRIA	CADEIA DE TRANSPORTE
OXIGÊNIO	RESPIRAÇÃO CELULAR	COMPLEXO DE PROTEÍNAS
ALVÉOLOS	ETAPAS	TRANPORTE DE ELÉTRONS
PULMÕES	GLICÓLISE	H <sub>2</sub> O
VIAS AÉREAS	GLICOSE	EXPIRAÇÃO
ATP	PIRUVATO	
	NADH	

## APÊNDICE – B (CONTINUAÇÃO)

SISTEMA RESPIRATÓRIO	ACETIL CoA	LÁGRIMAS
FEZES	FÍGADO	CO <sub>2</sub>
URINA	PÂNCREAS	ENERGIA
TRANSPIRAÇÃO	GLICOGÊNIO	MANUTENÇÃO DA TEMPERATURA
ENERGIA	TRIGLICERIDEOS	TRABALHOS CELULARES
GTP	GLICOSE	ROTAS DE ARMAZENAMENTO
SISTEMA NERVOSO	INSULINA	ATP
HEMATOSE	GLUCAGON	O <sub>2</sub>
DIAFRAGMA	NADH	
NAD	O <sub>2</sub>	
NAD		
NADH		

**APÊNDICE C – Lista de figuras para a construção dos mapas conceituais em *parking lot***



Fonte: (AMABIS, 2004)

### APÊNDICE – C (Continuação)

