

FORMAÇÃO DO PENSAMENTO CIENTÍFICO NO ENSINO DE CIÊNCIAS: A BIOLOGIA E SUAS INTERFACES COMO PONTO DE REFLEXÃO

Ana Maria dos Anjos Carneiro-Leãoⁱ

DMFA, PPGEC/UFRPE (amanjos2001@gmail.com)

Risonilta Bezerra Germano de Sáⁱⁱ

SEDUC/PE (risogermano@gmail.com)

Zélia Maria Soares Jófiliⁱⁱⁱ

PPGEC/UFRPE (jofili@gmail.com)

Resumo

O objetivo deste trabalho é uma releitura do processo de construção conceitual, ligado aos paradigmas cartesiano e complexo. Partindo das interfaces entre a teoria cognitivista de Vigotski, uma leitura do quadro “Les Demoiselles d’Avignon”, de Pablo Picasso e da análise contextualizada sobre um conteúdo específico de Biologia (respiração), aplicada em alunos do Ensino Médio, observamos ser necessária uma mudança na perspectiva epistemológica do professor e do aluno, para que ocorra a formação efetiva do conceito sistêmico de respiração. O pensamento cartesiano, a despeito de ter permitido o avanço em muitas áreas do conhecimento não é suficiente para permitir a abstração, a contextualização e a resolução de situações problema. Faz-se necessária a percepção articulada do processo, possível se o mesmo for abordado a partir da complexidade (neste caso, a visão sistêmica de Capra).

Palavras chave: formação de conceito, respiração, paradigmas cartesiano e sistêmico.

Abstract

The aim of this work is a reinterpretation of the process of conceptual construction, connected to Cartesian and complex paradigms. The interfaces among Vigotski’s cognitive theory, the painting "Les Demoiselles d'Avignon" by Pablo Picasso and a contextualized analysis of a specific content of Biology (Breath) in high school students were analysed. The results point to the needing of a change in teacher’s and student’s epistemological perspectives in order to occur an effective conceptual formation about systemic breathing. The Cartesian thought in despite of had allowed the advancement of knowledge in many areas of science is not enough to allow abstraction, and contextualized resolution of problem situations. It is necessary to articulate the perception of the process, using Capra’s complex (systemic) view.

Keywords: conceptual construction, respiration, cartesian and complex paradigms.

Introdução e Referencial Teórico

O comprometimento docente nos processos de ensino-aprendizagem tem sido inquietante para os que buscam refletir a realidade em suas salas de aula. Além das lacunas conceituais e dificuldades nos processos de construção cognitiva, tem-se convivido com a chamada “meritocracia”, em que o sucesso da atividade docente é avaliado por desempenhos como o do PISA^{iv} (CASTRO, 2003, 2010). Curiosamente, tais avaliações, de caráter essencialmente quantitativo existem em paralelo a uma política pública que orienta para uma compreensão mais ampla, contextualizada e cidadã das Ciências, pela construção de inúmeras competências. Apesar de todo o esforço desenvolvido desde a promulgação da LDB (Brasil, 1996) e das orientações disponibilizadas através de documentos (PCN, 1999; PCN+, 2002 e OCEM, 2006), sobrevive ainda uma grande dificuldade prática em desenvolver estratégias didáticas para atingir estes objetivos e ainda ser eficiente em parâmetros quantitativos. Neste contexto, muitos estudos têm como objetivos compreender como esse processo está ocorrendo na atualidade, abordando questões referentes ao docente e/ou ao aluno: desenvolvimento de metodologias de ensino diferenciadas, compreensão dos processos de formação docente e na área de cognição, buscando compreender como o estudante constrói o seu conhecimento.

A compreensão dos processos que resultam na formação de conceitos está relacionada aos mecanismos que o indivíduo é capaz de acionar diante de uma situação que exija o exercício de um trabalho mental. Significa entender quais são as relações necessárias para que se estabeleça uma dinâmica capaz de favorecer, de forma efetiva, a aprendizagem. Tudo isso toma uma dimensão maior quando se percebe que a formação de conceitos deve ser considerada “como uma função do crescimento social e cultural global do adolescente, que afeta não apenas o conteúdo, mas também o método de seu raciocínio” (VIGOTSKI, 1999 p. 73).

Observamos, enquanto professores, a grande dificuldade que os estudantes apresentam na utilização do conhecimento trabalhado na escola como sendo um instrumento cognitivo de transformação e ampliação do seu pensamento. Nesse contexto, é possível também observar que o conteúdo de Ciências, embora faça parte das relações existentes no cotidiano, pouco tem sido utilizado pelo estudante, tornando-se, na maioria das vezes, um conhecimento restrito ao ambiente escolar.

A Biologia, em particular, desafia um panorama assustador ao aluno de Ensino Médio ou de Graduação, inclusive a docentes atuantes na área: conteúdo específico muito amplo, apresentado em diferentes níveis de detalhamento, apontando para um conhecimento enciclopédico. A estrutura curricular observada no Ensino de Biologia, tenta suprir este universo de novas informações, porém a fragmentação e o pensamento cartesiano, ainda muito presente nesta área de ensino, desfavorecem a articulação entre tantas descobertas na Biologia e áreas afins. Apenas fios delgados de uma unidade comum (a Vida) parecem conectar estas partes aparentemente tão díspares. Na aprendizagem de tais conhecimentos, os estudos nas áreas de Ensino de Ciências e Biologia, apontam para a fragmentação e a dificuldade de sistematização e contextualização, principalmente quando se trata de conceitos abstratos.

Carneiro-Leão *et al.* (2009) desenvolveram algumas reflexões a partir de uma obra de Pablo Picasso: *Les Femmes d'Alger (O Grande Baño)* (Figura 1), considerada um marco na história da Arte Contemporânea e que deu origem ao Cubismo. Segundo Rota-Rossi (2009), este quadro é representativo do despertar de Picasso para as profundas mudanças filosóficas da época. Assim, existem aspectos que se remetem ao passado, deixando claro o forte impulso que leva o autor em direção ao futuro.



Figura 1 – “Les Femmes d’Alger” (1907)

O interessante nesta obra e que ilustra bem o que queremos discutir é o registro do processo de construção e quebras de paradigmas. Esses processos não ocorrem fora de um contexto e da experiência humana e nem com o rompimento definitivo com o pensamento sistematizado e aceito na sociedade em que se vive. Há um processo de transição, questionamentos, um

direcionamento e uma inquietação possíveis de serem observadas no sujeito e que, aos poucos, vai tomando forma. Esses registros, Picasso deixou em sua obra. Segundo Rota-Rossi (2009), “Les Demoiselles d’Avignon” é um quadro representativo do despertar de Picasso para as profundas mudanças filosóficas da época - existem aspectos que se remetem ao passado, deixando claro o forte impulso que leva o autor em direção ao futuro.

As formas anatômicas (e a própria luz) foram representados por Picasso de forma fragmentada, como se visualizados através de um vidro quebrado. As linhas visuais são fortes, mas apontam para várias direções simultaneamente. Não há “ponto de fuga”. As mulheres são apresentadas de forma tridimensional, mas ainda ilustrando seus componentes em um plano bidimensional. A figura da direita está, ao mesmo tempo, de frente e de perfil, como se Picasso houvera circundado a modelo e incorporado tudo o que viu em uma única imagem (LENCASTRE e CHAVES, 2003). Assim, pode-se imaginar a sensação de estranheza dos críticos e do público ao quadro “Les Démoiselles d’Avignon”, criticando-se a “... indefinição de estilo, indefinição formal, passagem abrupta das mulheres da direita para as de máscaras, vocabulário incoerente, etc.” (ROTA-ROSSI, 2009). Lencastre e Chaves (2003) consideram que Picasso rompeu com a prática artística convencional, reconstruindo sua imagem de realidade a partir de um novo conjunto de regras. Como esta observação pode ser relacionada a uma importante transição paradigmática?

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 se* e parte integrante das populações, comunidades, ecossistemas e do próprio planeta (biosfera). Parece, então, importante analisar metodologias utilizadas no Ensino da 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.

Podemos refletir essa passagem na obra de Picasso quando ele faz a transição de uma leitura de mundo helenística para uma leitura mais complexa, buscando captar a figura humana em

todas as dimensões possíveis. É interessante como a princípio essa leitura é difícil, rejeitada, pois não faz parte da experiência, é algo novo que vai se constituindo a partir das novas leituras e significados, originadas a partir de interações diferenciadas das anteriores, ou seja, que permitia ver o mundo somente através da cultura helenística por exemplo.

Assim, pode-se conceber a perspectiva de que uma célula está intimamente relacionada com suas organelas e com os tecidos, mas está implícita a ideia de que, se as organelas são formadas por macromoléculas (lipídeos, proteínas), estas também fazem parte da organização estrutural da célula. Uma perspectiva ainda mais distante é de que moléculas podem atuar frente às células causando alterações estruturais e funcionais. Hormônios, fármacos, antígenos e poluentes, por exemplo, atuam como sinalizadores transportados até as células alvo através do sangue.

De forma semelhante à obra de Picasso, à medida que migramos de paradigma, descobrimos uma intrincada rede de interrelações entre as diversas áreas (intra e inter Biologia), alterando nossa perspectiva: é preciso estabelecer relações e articulações entre o meio ambiente e indivíduo, desde as questões moleculares até os fenômenos resultantes da interação em diversos níveis de moléculas, células, tecidos, órgãos e sistemas, de forma não hierarquizada, mas como uma rede ou teia (CAPRA, 2002 e 2006).

Em nossa perspectiva, buscamos a compreensão de que os conceitos em Biologia podem ser compreendidos a partir da construção de representações vinculadas em três níveis de percepção da realidade, formando um “triângulo”: os níveis macroscópicos, submicroscópicos e simbólicos. Fenômenos como a respiração, permeiam esses diferentes níveis, observando-se que os aspectos macroscópicos são mais facilmente compreendidos (SÁ *et al.*, 2005). Vigotski (2009) explica que, quando a aplicação do conceito está presa a situação concreta, ou seja, não se dissociou por parte do adolescente da experiência concreta, é mais facilmente expresso, orientando o pensamento com a probabilidade de errar menos.

No passado, segundo Knight e Wood (2005), o sucesso dos estudantes de Biologia poderia ser previsto através do somatório dos conhecimentos factuais acumulados, pelos mesmos, ao longo de sua vida escolar. Porém com a facilidade de acesso a novos conhecimentos, principalmente através da Internet, podemos observar que a compreensão do processo de ensino-aprendizagem, contemplando o ensino por compreensão conceitual e análise crítica de tópicos tem encorajado outras vertentes de pensamento e ação. Os conceitos devem ser enfatizados em relação aos fatos, ou seja, a compreensão conceitual frente à tradicional

memorização de detalhes. A atual Biologia, entretanto, requer um detalhado conhecimento de fatos e de conceitos, sendo freqüente distingui-los entre si. Um conceito é uma idéia que pode ser aplicada em múltiplos contextos para explicar e/ou prever fenômenos. Dessa forma, a compreensão conceitual desejada se baseia na competência em aplicar uma idéia nesses múltiplos contextos (WOOD, 2008).

O estudo das relações que permeiam o processo cognitivo bem como a compreensão de como diferentes referenciais teóricos podem possibilitar a análise do processo de ensino-aprendizagem que ocorre em sala de aula, têm contribuído para que o professor, ao se apropriar desse conhecimento, possa buscar caminhos alternativos nas relações de ensino que promovem uma aprendizagem eficaz.

Castorina (1996), Mortimer e Carvalho (1996) e Cavalcanti (2005), entre outros autores, destacam na obra de Vigotski que o conhecimento é construído a partir da interação sujeito-objeto. Porém, esse objeto é uma produção social que surge da atividade humana através de uma relação dialética e mediada semioticamente, uma vez que consideram o mundo não sendo só físico, mas cultural e enriquecido de significados e significantes. O “homem transforma a natureza e a constitui em objeto do conhecimento (produção cultural) e, ao mesmo tempo, transforma a si mesmo em sujeito de conhecimento” (CAVALCANTI, 2005, p. 189).

O pensamento por conceito faz parte dos estudos feitos por Vigotski (2009), representando a última fase na evolução do pensamento infantil. O teórico afirma que o “conceito surge quando uma série de atributos abstraídos torna a sintetizar-se, e quando a síntese abstrata assim obtida se torna forma basilar de pensamento com o qual a criança percebe e toma conhecimento da realidade que a cerca” (VIGOTSKI, 2009, p. 226).

Para o teórico, é na adolescência que a forma de pensamento por conceitos começa a substituir as formas mais elementares de pensamento. Porém não significa que essas formas mais elementares de pensamento deixarão de existir. Vigotski (2009) explica que “a adolescência não é um período de conclusão, mas de crise e amadurecimento do pensamento” (p. 229). Para o teórico, essa fase de desenvolvimento humano significa uma fase de transição no desenvolvimento do pensamento, neste caso o conceito não deve ser visto como acabado mas em ação.

Ilustrando tudo que foi tratado, apresentaremos agora dados de um estudo longitudinal, realizados com estudantes em diferentes etapas de escolarização, onde um dos objetivos foi o

de traçar o perfil da evolução do conceito de respiração, de forma descritiva. Destacamos para este trabalho os resultados obtidos com estudantes do Ensino Médio.

Para tal trabalhamos com atividades trabalhadas individualmente, buscando o máximo de informações por parte do estudante, sobre o conceito de respiração, abrangendo tanto os fenômenos macroscópicos quanto os microscópicos. As categorias de análise foram construídas a partir das respostas dadas pelos estudantes em suas atividades e pelos dados obtidos na descrição da evolução histórica do conceito de respiração (perfil evolutivo).

Analisamos os dados obtidos de uma amostra de dez estudantes de Ensino Médio, de uma escola pública da área metropolitana do Recife/PE. As atividades propostas para os estudantes, constavam de questões abertas sobre o processo respiratório compreendendo o trabalho pulmonar e o metabolismo celular e resolução de situações-problema, envolvendo a aplicação de conceitos sobre o fenômeno respiratório no universo microscópico.

CONCEPÇÕES DOS ESTUDANTES DO ENSINO MÉDIO SOBRE RESPIRAÇÃO

Os PCN (BRASIL, 1999) defendem no Ensino Médio uma perspectiva formativa considerando que para isso é preciso trabalhar os conteúdos numa visão sistêmica. No ensino da Biologia, essa característica tem um desdobramento fundamental que é a compreensão da vida como um fenômeno que se manifesta como sendo um sistema organizado e integrado, interagindo com o meio físico-químico.

Em relação ao estudo da biologia celular, os PCN (BRASIL, 1999) defendem que seu estudo pode aparecer em diferentes momentos, com enfoque e aprofundamento diversos. Sugere ainda que o aprofundamento no estudo dos processos citológicos seja feito num nível fenomenológico, ao tratar da diversidade da vida. Nesse enfoque, podem ser abordados entre outros temas, a respiração celular. Esse tipo de abordagem, onde se permite o estudo dos processos celulares de forma integrada, seria um processo facilitador da construção do conceito de célula, como “um sistema que troca substâncias com o meio, obtém energia e se reproduz” (BRASIL, 1999, p. 224).

Outra perspectiva apresentada pelos PCN para o Ensino Médio (BRASIL, 1999) é o ensino de forma contextualizada. Em Biologia esse processo pode permitir a construção do conhecimento de forma não linear e histórica, quando é feito de forma a apresentar as contradições existentes na acumulação do conhecimento pela humanidade. Em relação ao corpo humano, orientam para que se focalizem as relações estabelecidas entre os seus

diferentes sistemas e entre o corpo e o meio ambiente, de forma a conferir integridade ao corpo humano, preservando o equilíbrio dinâmico e a individualidade de cada ser humano.

Destacamos nos PCN (BRASIL, 1999) os seguintes conteúdos que envolvem o estudo do fenômeno respiratório: diversas formas de obter alimento/energia (existência de um equilíbrio dinâmico no ecossistema, em que matéria e energia transitam em ciclos e fluxos respectivamente); relação entre os sistemas e destes com o meio; integridade do corpo; respiração celular (no nível fenomenológico); aplicação de conhecimentos da Química e Física; e, célula (sistema que troca substância com o meio, obtém energia e se reproduz).

No presente estudo, ao analisarmos as questões que envolvem a compreensão do fenômeno respiratório no aspecto da ventilação pulmonar, observamos a dificuldade por parte dos estudantes de identificarem os órgãos que fazem parte do sistema respiratório e essa dificuldade se amplia à medida que os órgãos de interiorizam (Figura 2).

Observamos a dificuldade em identificar e caracterizar eventos microscópicos que ocorrem no processo de ventilação pulmonar (Tabela 01). Os estudantes não apresentaram nenhuma concepção de deslocamento dos gases dentro do sistema respiratório. Em relação à hematose, 50% identificaram o processo como sendo trocas gasosas ocorrendo nos pulmões, não incluindo nesse processo os alvéolos. Observamos que os estudantes permanecem presos aos fenômenos possíveis de serem diagnosticados, eventos macroscópicos.

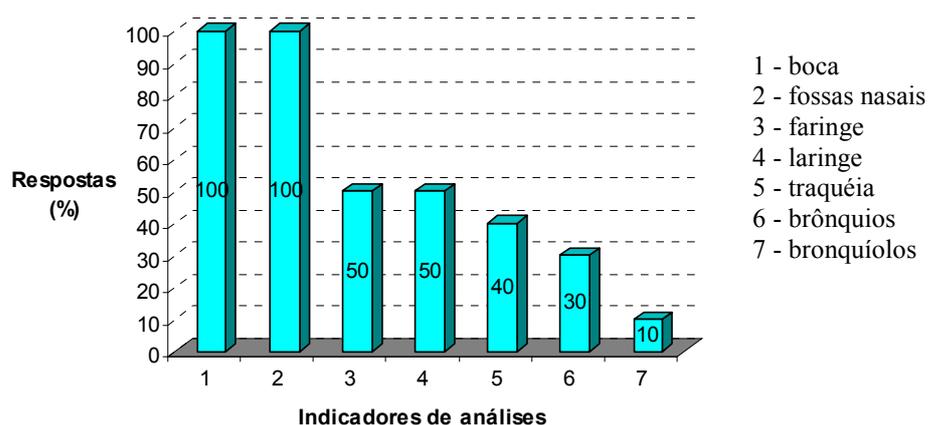


Figura 2 - Identificação dos órgãos do sistema respiratório em um desenho anatômico - Grupo III Ensino Médio – I Etapa

Tabela 01 - Síntese das respostas dos estudantes do Grupo III Ensino Médio

A - Como explicam o deslocamento dos gases dentro do sistema		
Indicadores de análise	Estudantes	%
Não responderam	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10	100
B - Como explicam a hematose		
Troca gasosa e ocorre nos pulmões	3, 4, 5, 6, 10	50
Troca gasosa e ocorre nos alvéolos	8	10
São pigmentos no sangue	1, 9	20
É uma doença	2, 7	20
C - Explicação do papel da hemoglobina		
Transforma O₂ em CO₂	2, 3, 4, 9, 10	50
Não respondeu	1, 5, 6, 7, 8	50
D - Relação entre a concentração de CO ₂ e o ritmo respiratório		
Troca gasosa	1, 8, 9	30
O oxigênio determina o ritmo respiratório	2, 3, 4	30
Relaciona oxigênio como determinantes do ritmo e necessário a sobrevivência	6, 7, 10	30
Não respondeu	5	10

A dificuldade em analisar a ventilação pulmonar e o transporte dos gases se amplia quando o fenômeno é observado no espaço microscópico. O aluno não consegue explicar o processo macroscópico porque não assimila os eventos microscópicos. A partir da hematose, o processo se torna incompreensível para o aluno, que não reconhece a hemoglobina como componente da hemácia que possui a capacidade de se ligar ao O₂ e CO₂ fazendo assim o transporte dos gases através das células e tecidos. Não estabelecem relação entre a concentração de CO₂ na corrente sanguínea com a alteração do ritmo respiratório, mesmo este sendo um fenômeno macroscópico.

Quando analisamos as concepções do metabolismo energético no universo puramente microscópico (Tabela 02), é possível observar a desconexão entre o processo de ventilação pulmonar e o fenômeno de metabolismo energético, estudado neste nível de escolarização como é o caso da respiração celular.

Nas questões que envolvem a compreensão do processo metabólico (a partir da identificação do seu objetivo, como e onde ocorre, qual a relação com outros fenômenos, qual a importância do gás oxigênio neste processo e qual a diferença no saldo energético para o organismo quando se compara a fermentação com a respiração aeróbica) observamos que alguns estudantes formulam hipóteses, porém sem sustentação na argumentação, pois não estabelecem ligações com conhecimentos já construídos. A maioria preferiu não responder.

Observamos ainda que a concepção da importância vital do oxigênio se mantém, embora os estudantes não apresentem a compreensão dos eventos que transferem para o oxigênio a

importância de manter o organismo humano vivo. A cadeia transportadora de elétrons, responsável pela fosforilação oxidativa, ocorre na membrana mitocondrial interna, interliga o oxigênio como aceptor de elétrons. Na ausência de O₂, o ser humano tende a morte, pois esta etapa é importante para concluir o metabolismo aeróbico da glicose, diminuindo ou impedindo a síntese de ATP, liberando energia para as funções orgânicas (ALBERTS *et al.*, 2008).

Em relação aos fenômenos microscópicos e que necessitam do auxílio dos conhecimentos de outras disciplinas como a Química e a Física, os estudantes demonstraram total desconhecimento (Tabela 03). Foi solicitado que o estudante apresentasse um esquema que identificasse e articulasse os processos envolvidos na respiração celular, pois a compreensão desse processo metabólico requer uma articulação com os conhecimentos da Química (principalmente reações químicas): essa competência não foi observada. Quanto à Biologia celular, onde os estudantes deveriam identificar a estrutura celular e suas organelas, eles também apresentaram desconhecimento.

Tabela 02 - Síntese das respostas dos estudantes - do Grupo Ensino Médio

G1 – Sobre respiração celular/Qual o seu objetivo?		
Indicadores de análise	Estudantes	%
Alimentar as células	1, 9	20
Relacionado ao ato de respirar	6	10
Relacionado ao ato de reprodução celular	8	10
Não respondeu	2, 3, 4, 5, 7, 10	60
G2 – Sobre respiração celular/como e onde ocorre?		
Na célula	1, 3, 6	30
Nos vasos sanguíneos	9	10
Compara com as trocas gasosas e ocorre nos pulmões	5	10
Através da reprodução e ocorre nas células	8	10
Não respondeu	2, 4, 7, 10	40
G3 – Sobre respiração celular/relação com outros fenômenos		
Tem relação mais não sabe explicar	1, 6	20
Não tem relação	8	10
Tem relação com o processo de respiração	9	10
Não respondeu	2, 3, 4, 5, 7, 10	60
G4 – Sobre respiração celular/importância do oxigênio da respiração		
Importante para o ato de respirar	3, 4, 10	30
Importante para a sobrevivência	5, 6, 8, 9	40
Importante para a troca gasosa nos pulmões	2	10
Importante para a sobrevivência e alimentação do corpo	1	10
Não respondeu	7	10
G5 – Sobre respiração celular/explicar a diferença da quantidade de energia liberada na fermentação e respiração aeróbica		
Não respondeu	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10	100

Tabela 03 - Síntese das respostas dos estudantes – do Grupo Ensino Médio

H – Esquema identificando os processos envolvidos na respiração celular		
Indicadores de análise	Estudantes	%
Não respondeu	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10	100
I – Esquema da mitocôndria		
Não respondeu	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10	100
J – Estrutura molecular do ATP e seu papel no metabolismo energético		
Não reconhece a estrutura molecular, mas o identifica como fonte de energia para o corpo.	1	10
Identifica como molécula orgânica que provoca energia e relaciona com raios ultravioletas do sol e descarga elétrica.	8	10
Não respondeu	2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10	80
Leitura de um gráfico envolvendo hematose e concentrações dos gases O ₂ e CO ₂ nos capilares dos tecidos.		
Não respondeu	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10	100

Quanto à molécula orgânica adenosina trifosfato (ATP), responsável pelo “armazenamento de energia” em suas ligações químicas, observamos que embora um aluno relacionasse a molécula como fonte de energia para o corpo, a maioria não apresentou nenhuma compreensão da sua estrutura molecular e seu papel nesse processo. Também não foi observada compreensão do fenômeno da hematose diante de um gráfico que apontava para taxas diferentes de CO₂ onde os estudantes deveriam reconhecer que tipo de capilares de tecidos estaria envolvido na questão.

A Tabela 04 apresenta as respostas dos estudantes diante de situações-problema envolvendo o conhecimento construído em relação ao mecanismo de respiração pulmonar em humanos e o metabolismo energético de liberação de energia ocorrido nas células dos tecidos musculares.

Tabela 04 - Síntese das respostas dos estudantes – do Grupo Ensino Médio

Situação problema A: Associar asfixia por CO a partir da ligação da hemoglobina pelo composto		
Indicadores de análise	Estudantes	%
Identifica o CO₂ como gás liberado pelo carro e sinaliza que é inalado pelo indivíduo	1, 2, 3, 4, 5, 7, 9, 10	80
Não respondeu	6, 8	20
Situação problema B: Relacionar as dores musculares com produção de ácido lático na glicólise anaeróbica devido a existência da demanda de oxigênio na musculatura da perna do atleta.		
As dores são resultantes do esforço muscular do atleta	1	10
As dores são resultantes da necessidade de mais oxigênio	2, 3, 4, 6, 9, 10	60
As dores são resultantes de deficiência na circulação sanguínea	7	10
Não respondeu	5, 8	20

Quanto a primeira situação-problema, os estudantes deveriam interpretar as causas que provavelmente levariam uma pessoa a ser socorrida e ter sido considerada como uma pessoa de sorte depois de ter inalado monóxido de carbono (CO). Neste caso, o estudante deveria conhecer sobre a afinidade da hemoglobina pelo CO, pois a provável morte por asfixia ocorre

devido à competição pelo transporte de gases, através da hemoglobina. Nesta situação, os estudantes analisaram o que podemos considerar como óbvio, identificando o gás liberado pelo carro como sendo dióxido de carbono, ao invés de monóxido de carbono e que esse gás é prejudicial para a saúde, tendo sido inalado pela pessoa citada na situação-problema. Neste caso, o estudante não desenvolveu um raciocínio que permitisse analisar a situação à luz dos conhecimentos construídos na escola, utilizando o conhecimento do senso comum.

Na segunda situação-problema, os estudantes deveriam identificar as dores musculares de um atleta com fadiga muscular proveniente do acúmulo de lactato à via glicolítica. Devido ao aumento na frequência e intensidade da contração muscular, o ATP disponível é utilizado. Assim, é necessário aumentar a síntese do ATP, utilizando como substrato energético a glicose ou o glicogênio muscular; há, porém, um efeito indesejável, a produção e acúmulo de lactato, um subproduto da glicólise que leva à instalação da fadiga muscular nos músculos envolvidos na atividade (CHAMPE e HARVEY, 2002). Os estudantes, também neste caso, utilizaram conhecimentos do senso comum para explicar a situação. Sessenta por cento (60%) dos estudantes apresentaram a compreensão de que o esforço muscular requer mais oxigênio. Compreensão semelhante foi apresentada pelos estudantes do Ensino Fundamental I (ver Tabela 1 ABC do EF I) os quais associaram a perda de fôlego com a necessidade de respirar e o aumento do ritmo respiratório com a necessidade de respirar durante uma corrida.

CONSIDERAÇÕES

Este estudo teve como ponto de partida a idéia de que a formação do conceito evolui respeitando o desenvolvimento biológico e social do indivíduo, podendo ser facilitado pela experiência escolar. O conceito de respiração apresenta uma formação complexa, pois permite analisarmos a sua construção a partir de diferentes referenciais. Faz interface com vários conceitos objeto de estudo de diferentes áreas, a exemplo da Física, da Química, da Biologia Molecular, da Biologia Celular, da Fisiologia, da Histologia, e da Ecologia quando consideramos o homem integrado ao meio físico. É um conceito que exige ser compreendido numa dimensão macro e microscópica, o que possibilita analisar a construção de conceitos formulados num plano abstrato. A transição entre os paradigmas cartesiano e sistêmico permitirá uma percepção mais adequada deste processo, a despeito da estranheza análoga ao quadro de Picasso.

Podemos observar a partir da análise dos dados que há uma tendência por parte dos estudantes de considerar o fenômeno respiração numa dimensão macroscópica, ou seja, as concepções

mais fortes são as construídas num plano concreto. Talvez marcada pela observação empírica, é forte entre os estudantes de todos os níveis de escolaridade que participaram do estudo, a concepção de respiração como trocas gasosas envolvendo as vias aéreas superiores e os pulmões. Em alguns casos estabeleceram relações do fenômeno respiratório com os sistemas circulatório (batimentos cardíacos) e o digestório (alimento).

O estudo aponta para uma etapa na escolaridade, o Ensino Médio, onde as dificuldades em levantarmos as concepções aumentaram significativamente, pois os estudantes se preocuparam em dar respostas “prontas”, estabelecidas no campo da memorização. Outro aspecto importante é a grande dificuldade em trabalhar com o processo de metabolismo energético, A existência de lacunas conceituais pode ter favorecido a ausência de respostas direcionadas para a compreensão do metabolismo energético tratado nos livros didáticos deste nível de ensino, como respiração celular. As principais concepções sobre respiração encontradas entre os estudantes do Ensino Médio: respiração caracterizada como trocas gasosas ocorrendo entre o homem e o ambiente; o ar vai até os pulmões e retornam; o oxigênio determina o ritmo respiratório e é necessário à sobrevivência; e, a respiração celular é comparada à respiração pulmonar e identificada como importante para a sobrevivência.

CONCLUSÕES

Consideramos a evolução do conceito como sendo um processo complexo, necessitando ser melhor compreendido pelos professores e outros atores envolvidos com o processo ensino-aprendizagem. Este estudo traz situações pertinentes à realidade apresentada nas avaliações de rede e institucionais, onde muitas vezes o que se observa é o critério quantitativo baseado em respostas prontas e acabadas.

A aprendizagem de conceitos complexos como o abordado neste trabalho requer a avaliação não só da prática docente como dos currículos e planejamentos de intervenções voltados para a construção de conceitos onde seja possível desenvolver uma visão sistêmica. O Ensino Médio pode representar um espaço importante de investigação, uma vez que representou em nosso estudo um período onde os estudantes tiveram dificuldades em expressar suas concepções tanto no contexto macroscópico como no microscópico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBERTS, B. *et al.* **Molecular Biology of the cell**. 5. ed. Nova York: Garland Science, 2008.

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. **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. 135 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. 144 p.

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.

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

_____. Prefácio: como a natureza sustenta a teia da vida. In: CAPRA, F. (org.)

Alfabetização ecológica: a educação das crianças para um mundo sustentável. São Paulo: Cultrix, 2006.

CARNEIRO-LEÃO, A. M. A., MAYER, M., NOGUEIRA, R. A. Ensinando Biologia numa perspectiva de complexidade. In: JÓFILI, Z. e ALMEIDA, A. V. (org.) **Ensino de Biologia, meio ambiente e cidadania**: olhares que se cruzam. Recife: UFRPE, Sociedade Brasileira de Ensino de Biologia/Regional 5, 2009. p. 197-206.

CASTORINA, J. A. *et al.* **Piaget – Vygotsky - Novas contribuições para o debate**. São Paulo: Editora Ática, 1996.

CASTRO, C. M. Lições do futebol. **Veja**, n. 1807. 18.06.2003. Disponível em: <http://veja.abril.com.br/180603/ponto_de_vista.html>. Acesso em 20.08.2010

CASTRO, C. M. Sucesso tem fórmula. **Veja**, n. 2153, 24.02.2010. Disponível em <<http://veja.abril.com.br/240210/sucesso-formula-p-022.shtml>>. Acesso em 15.07.2010.

CAVALCANTI, L. de S. **Cotidiano, mediação pedagógica e formação de conceitos**: uma contribuição de Vygotsky ao ensino da geografia. **Cad. Cedes**, Campinas, v. 25, n. 66, p.185–207, maio/ago. 2005.

CHAMPE, P. C.; HARVEY, R. A. **Bioquímica Ilustrada**. Porto Alegre: Artmed, 2002.

LENCASTRE, J. A.; CHAVES, J. H. A imagem artística como mediadora da aprendizagem. In: DIAS, P.; FREITAS, C. (org). III Conferência Internacional de Tecnologias de Informação e Comunicação na Educação – Challenges 2003 e 5º Simpósio Internacional em Informática Educativa – 5º SIIIE. Braga: Universidade do Minho. 2003a. **Anais...** p. 403-414. Disponível em:

<http://www.fpce.up.pt/ciie/publs/jalencastre/2_A_IMAGEM_ARTISTICA_COMO_MEDIA_DORA_APRENDIZAGEM_challenges2003.pdf>. Acesso em 01.11.2009.

KNIGHT, J. K.; WOOD, W. B. Teaching more by lecturing less. **Cell Biology Education**, v. 4, p. 298 – 310, 2005.

MORTIMER, E. F.; CARVALHO, A. M. P. Referenciais teóricos para análise do processo de ensino de ciências. **Cad. Pesq.**, São Paulo, n. 96, p. 5-14, fev. 1996.

ROTA-ROSSI, B. Uma nova realidade. O cubismo. Disponível em: <<http://www.unisantabr.com.br/>>. Acesso em 02.11.2009.

SÁ, R. G. B. de. **Um estudo sobre a evolução conceitual de respiração**. Dissertação.

(Programa de Pós-Graduação em Educação das Ciências – Mestrado em Ensino das Ciências, Universidade Federal Rural de Pernambuco), 2007.

VIGOTSKI, L. S. **A construção do Pensamento e da Linguagem**. 2º ed. São Paulo. Ed. Martins Fontes, 2009.

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

WOOD, W. B. Teaching concepts facts in developmental Biology. **Cell Biology Education**, v. 7, p. 10-16, 2008.

ⁱ Dra. em Bioquímica, UFPR; docente do Dep. Morfologia e Fisiologia Animal e do PPGEC/UFRPE

ⁱⁱ Mestre no Ensino das Ciências, Universidade Federal Rural de Pernambuco (PPGEC/UFRPE); professora da Rede Pública Estadual de Pernambuco (SEDUC/PE)

ⁱⁱⁱ Dra. em Educação, University of Surrey, UK; docente do PPGEC/UFRPE

^{iv} O PISA é um programa internacional de avaliação comparada, cuja principal finalidade é produzir indicadores sobre a efetividade dos sistemas educacionais, avaliando o desempenho de alunos na faixa dos 15 anos, idade em que se pressupõe o término da escolaridade básica obrigatória na maioria dos países. Esse programa é desenvolvido e coordenado internacionalmente pela [Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico \(OCDE\)](#), havendo em cada país participante uma coordenação nacional. No Brasil, o PISA é coordenado pelo Inep – Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais “Anísio Teixeira”.