

# Potencial sistêmico de situações problemas em Biologia

**Gustavo M. LEME**  
Centro de Ciências Biológicas e da saúde (CCBS)  
Universidade Presbiteriana Mackenzie  
São Paulo, SP, Brasil  
gustavo.mota1807@gmail.com

**Letícia G. DONEGÁ**  
Centro de Ciências Biológicas e da saúde (CCBS)  
Universidade Presbiteriana Mackenzie  
São Paulo, SP, Brasil  
leticia.g.donega@hotmail.com

**Magda M. PECHLIYE**  
Centro de Ciências Biológicas e da saúde (CCBS)  
Universidade Presbiteriana Mackenzie  
São Paulo, SP, Brasil  
pechliye@mackenzie.br

## RESUMO

O ensino de Biologia é frequentemente trabalhado de forma fragmentada, a proposta de uma educação sob o viés sistêmico permitiria menor fragmentação e maior contextualização. Nesse sentido este artigo visa analisar o potencial sistêmico de duas situações problema em duas áreas da Biologia (fisiologia e ecologia), a partir da meta reflexão. Obtivemos como resultado que ambas as situações apresentam potencial sistêmico, no entanto, o tema ecologia mostrou-se mais frutífero para as questões interdisciplinares. Contudo, as duas situações poderiam explorar áreas além das ciências naturais, para que atinjam maior grau de complexidade.

**Palavras Chaves:** Potencial sistêmico, ensino de biologia, fisiologia, ecologia e complexidade.

## 1. OBJETIVO

Analisar o potencial sistêmico de duas situações problema em duas áreas da Biologia.

## 2. INTRODUÇÃO

Definir o que é sistêmico não é algo trivial, começamos destacando que para Humberto Maturana "sistêmico" corresponde ao que Edgar Morin chama de "complexo". Por isso, para esse artigo utilizaremos esses dois termos como sinônimos mesmo que haja nuances entre eles.

Ao se falar em educação sob o viés sistêmico precisamos pensar em seu oposto, o pensamento analítico, também chamado de perspectiva linear por Najmanovich (2001) [1] e pensamento

mecanicista [2], "análise" significa isolar alguma coisa com o objetivo de entendê-la, por consequência ignorando o contexto. O pensamento sistêmico, por sua vez, prima pela contextualização em um todo mais amplo. A ciência cartesiana acredita que qualquer sistema complexo poderia ser analisado a partir das propriedades de suas partes. Contudo, as propriedades do todo (sistema) não podem ser explicadas pelas análises das propriedades das partes, pois o sistema só pode ser entendido a partir das relações, e estas conferem suas propriedades, portanto, não pode ser isolado de seu contexto [3].

Para o presente artigo, adotaremos as sete características propostas por Capra e Luisi (2014) [2] para o pensamento complexo:

### Mudança de perspectiva das partes para o todo

Essa é a mais evidente das características da Teoria da Visão Sistêmica (TVS). A base deste critério é a definição usada para sistema como sendo totalidades integradas, em diferentes escalas, cujas propriedades não podem ser reduzidas às partes menores, pois suas propriedades essenciais pertencem ao todo.

### Mudança de perspectiva dos objetos para as relações

A TVS tem a perspectiva de que os objetos são redes de relações que se encaixam em redes maiores [2]. Ou seja, segundo os autores, o sistema é o todo com partes menores e ao mesmo tempo é parte menor de outro sistema maior, pois os sistemas são feitos de outros sistemas. O que chamamos de objetos são padrões discerníveis em uma teia de relações.

### Multidisciplinaridade inerente

A visão sistêmica afirma que todos os sistemas vivos compartilham propriedades comuns. Portanto, o pensamento sistêmico é necessariamente multidisciplinar [2], também chamada de multidimensionalidade da experiência por

Najmanovich (2001) [1]. Essa afirmação pode ser vista de duas perspectivas: de um sistema e de um fenômeno. Um sistema vivo apresenta um conjunto de propriedades emergentes que podem ser vistas, entendidas e interpretadas por lentes das diversas áreas de conhecimentos, sendo interpretações complementares ou não, surgindo a multidisciplinaridade, pois um mesmo sistema pode ser explicado por conjuntos de conhecimentos diferentes.

A multidimensionalidade também é vista a partir da comparação de fenômenos, que ocorre quando observamos um mesmo padrão em sistemas distintos, sendo perceptível a similaridade da organização. Isso é possível, pois os sistemas vivos possuem padrões de organização em comuns, propriedades semelhantes essas que são características da vida.

### **Mudança de perspectiva de estruturas para processos**

Assim como a mudança dos objetos para as relações, as estruturas são vistas no pensamento linear como anteriores aos processos, ou seja, independente das relações que acontecem no ambiente [1] [2]. Na visão sistêmica isso não ocorre, segundo a descrição de Capra e Luisi (2014) [2] as estruturas sempre são formadas por processos subjacentes a elas.

### **Mudança de perspectiva de medição para mapeamento e de quantidade para qualidade**

Essas são características distintas para Capra e Luisi (2014) [2], contudo que estão extremamente interligadas, por isso serão descritas no mesmo parágrafo. Ambas tratam sobre o método que a TVS usa para descrever as relações que enxerga no cosmos. Se o pensamento linear possui sua fixação em medir todos os parâmetros dos fenômenos, gerando a geometrização do espaço e criando uma ilusão [1], a TVS prefere a descrição por meio do mapeamento e toma o conhecimento dessas relações como aproximado, já que elas não podem ser medidas, não há quantificação destas. Por isso, afirma-se que se trata de uma teoria que prioriza a qualidade e não a quantidade [2].

### **Da ciência objetiva para a ciência epistêmica**

Considera-se que a ciência deve ser epistêmica, é indispensável a compreensão do processo de conhecimento [2]. A ciência objetiva entende que as descrições científicas são independentes do sujeito e que as observações realizadas são da própria natureza. Mas para a TVS, o que observamos não é a própria natureza como ela é, e sim, a natureza exposta ao método científico em questão [2]. Seguindo este pensamento, se mudarmos o método será possível outra perspectiva da mesma natureza, nunca sendo esta descrita com certeza, o que nos leva a última característica.

### **Da certeza cartesiana ao conhecimento aproximado**

Como a ciência possui uma dimensão subjetiva, a qual o enunciador interfere no que será comunicado, não há como haver certezas. O observador não pode estar em todas as perspectivas ao mesmo tempo, por tanto só pode conhecer um contexto específico, o que implica que sempre haverá contextos que não conhecemos [1], contando, então, com o conhecimento aproximado. Na TVS há o reconhecimento de que todas as teorias científicas são limitadas e aproximadas, pois se tudo está conectado por redes e tem interdependência, para conhecer o todo seria necessário conhecer todos os padrões, o que é impossível [2].

De modo direto ou indireto a ciência e o ensino estão interligados. De modo geral, a concepção de ciência pode nos levar a abordagens de ensino diversificadas. Apesar de não ser

assim determinista, concepções de ciência mais cartesianas tendem a nos remeter a um ensino mais conservador, no sentido memorístico, linear e sem contexto, já uma concepção holística da ciência, isto é, uma visão sistêmica, nos daria mais possibilidades de um ensino com base na construção de conhecimentos relevantes e contextualizados, sendo assim, cabe destacarmos alguns problemas no ensino de fisiologia e de ecologia.

### **Ensino de fisiologia**

Diversos trabalhos confirmam a presença da descontextualização e fragmentação no ensino de Fisiologia Humana na educação básica atual [4] [5] [6], o que contraria as recomendações da PCN e BNCC. Esta conduta, segundo Lengert e Marchese (2007) [6] limita a visão do aluno sobre o organismo e o impede de estabelecer relações entre os mecanismos de manutenção da vida. Portanto, segundo Souza (2016) [4], quando os alunos são fadados a decorar o conteúdo, este se torna mecânico e pouco atrativo, dificultando a aprendizagem.

No trabalho realizado por Albuquerque e Giannella (2016) [5], as autoras descrevem alguns problemas educacionais relacionados com o ensino de fisiologia que dificultam a aprendizagem dos alunos. Dentre eles estão: Baixa motivação em aprender; dificuldades, por parte dos estudantes, em relacionar teoria e prática; complexidade dos conteúdos de fisiologia, exigindo alto grau de abstração pelos alunos; visão reducionista com enfoque nos fenômenos fisiológicos e não no funcionamento do corpo como um todo; pouca integração dos conteúdos de fisiologia com outras disciplinas. Todos esses problemas são causados pela fragmentação e descontextualização do conhecimento.

Então, o principal obstáculo do ensino de fisiologia humana na educação básica é a forma fragmentada que os sistemas fisiológicos são apresentados para os alunos. A falta de relação entre os sistemas fisiológicos prejudica a compreensão dos fenômenos e do funcionamento do corpo como um todo [4] [5] [6].

### **Ensino de ecologia**

A ecologia se caracteriza por uma área do conhecimento que estuda relações, um dos conteúdos que se pode observar algumas relações presentes no planeta é o estudo dos ciclos biogeoquímicos.

As relações interdependentes presentes nos ciclos biogeoquímicos do planeta geram uma complexidade enorme de seus fenômenos, os quais são processos dinâmicos interligados. No entanto, na sala de aula inter-relações complexas são frequentemente reduzidas a simples estruturas de causa e efeito. Apesar de seu significado, o pensamento sistêmico em contextos geocientíficos dificilmente é estabelecido nas escolas [7].

Os modelos presentes no ensino, referente aos ciclos biogeoquímicos, falham em mostrar a complexidade e as relações dinâmicas que os ciclos apresentam.

Segundo Gonzáles et al. (2007) [8], esta perspectiva estática e não dinâmica, passada dos ciclos, interfere não apenas neste conteúdo, mas influência de forma negativa nos demais conteúdos que demandam a ideia de fluxos dinâmicos.

A não contextualização e apresentação estática dos ciclos biogeoquímicos, dentre eles, o ciclo do carbono, impede a percepção dinâmica e variações de carbono na vida individual, que implicam diretamente em questões ambientais, como as mudanças climáticas, que ocorrem devido a diminuição e o

aumento da concentração de carbono nas diversas porções da biosfera.

A dificuldade dos alunos em compreenderem os processos envolvidos nos ciclos biogeoquímicos, pode ser observada como consequência dos alunos não compreendem a natureza como algo dinâmico, mas como algo estático [8].

Dentre os temas presentes na biologia, alguns são apresentados aos alunos por meio de imagens, dentre esses temas podemos destacar os ciclos biogeoquímicos. Alguns estudos mostram, que a forma como as ilustrações são expostas nas escolas, não permitem um bom entendimento dos alunos, os quais apresentam dificuldades na compreensão das imagens [8].

Segundo Gonzáles et al. (2007) [8], ilustrações complexas, as quais apresentam imagens de fundo, que contemplem porções geológicas e indicando com legendas as etapas, torna mais difícil a leitura e compreensão, pois o indivíduo necessitaria de conhecimentos prévios para realizar a interpretação, esses autores destacam que em muitos livros didáticos analisados essas ilustrações complexas estão bastantes presentes.

Além da complexidade das figuras, os livros didáticos falham na conexão entre texto e imagem, pois segundo Gonzáles et al. (2007) [8], em muitos livros, não há uma equivalência daquilo que é explicado em texto e o que é mostrado pelas ilustrações, portanto as ilustrações trariam informações a mais, sem uma explicação para se realizar a interpretação.

Esta forma de apresentar os ciclos nos livros didáticos e da maneira que os professores trabalham o conteúdo com os alunos, geram consequências à compreensão deste, pois geram erros conceituais que perpetuam pela formação do indivíduo, gerando uma concepção que foge da ideia dinâmica de mundo.

Segundo Hildebrandt e Bayrhuber (2002) apud González et al. (2007) [8], um dos erros conceituais dos alunos em relação ao ciclo do carbono, é o fato deles supervalorizarem a atmosfera, entendendo-a como principal e quase que única fonte de carbono, isto pode ser explicado pela forma que o conteúdo é exposto nos livros didáticos, pois segundo Gonzáles et al. (2007) [8], nos livros, há uma tendência de sobrepor a presença do CO<sub>2</sub> na atmosfera e litosfera, deixando de expor a importância da própria hidrosfera. Apresentação equivocada, pois os ciclos biogeoquímicos estão relacionados a biosfera como um todo (atmosfera, litosfera e hidrosfera), porém os fluxos e taxas de renovação dos ciclos não são comentados a qualquer momento nos livros.

Outra falha na compreensão do conteúdo por reflexo destas questões didáticas, se deve à não compreensão do ciclo como um sistema dinâmico, pois segundo estudos, os termos dados pelos estudantes, para compreender quais suas concepções da estrutura e da dinamicidade do transporte de carbono entre a litosfera, atmosfera, hidrosfera e a biosfera, indicam uma compreensão geral da Terra como um sistema. Porém o conhecimento detalhado das estruturas e dinâmicas da esfera e suas interações não foram presentes em suas respostas [8].

Além disso, no ensino do ciclo biogeoquímico do carbono, segundo Hildebrandt e Bayrhuber (2002) apud González et al. (2007) [8], o processo apresentado aos alunos, é reduzido ao processo de troca entre fotossíntese e respiração. Os autores também apontam a não percepção do ciclo como algo dinâmico, dando a entender que sempre haverá retirada de carbono da atmosfera, e a litosfera seria uma fonte eterna de carbono, dando a entender o ciclo como algo estagnado.

### 3. MÉTODO

Donegá (2019) [9] e Leme (2019) [10] produziram dois trabalhos de conclusão de curso (TCC) cujos títulos são respectivamente: “Pensamento sistêmico: explicações de professores da educação básica para uma situação problema em fisiologia” (situação 1) e “Explicações de professores da educação básica para uma situação problema em ecologia sob o olhar do pensamento sistêmico (situação 2)”.

Os TCC foram submetidos a bancas examinadoras que contribuíram com críticas. Chamaremos aqui de B1, B2 e B3 os componentes da banca. B1 participou de ambas, B2 da banca da situação 1 e B3 da banca da situação 2.

Para o presente artigo separamos as duas situações problemas:

#### Situação 1

Em duplas resolvam o problema a seguir utilizando de modo amplo os conhecimentos das diversas áreas de Biologia, mas não se restrinjam apenas a elas. Paulo participa de diversos concursos de comida. Um dos que ele mais gosta é quando os participantes competem para provar quem come mais cachorros quente em menos tempo. Infelizmente, Paulo nunca ganhou um concurso desse tipo, mas já comeu uma grande quantidade de cachorros quentes de uma vez. Depois que termina a prova sente-se muito cheio, mas também cansado e sonolento, percebe que respira muito mais profundamente e logo tem que usar o banheiro. Paulo já está acostumado com esse estado depois da competição, mas nunca soube explicar o que exatamente acontece em seu corpo. Como você explicaria para Paulo o estado de seu corpo?”

#### Situação 2

Em duplas ou trios, resolvam o problema a seguir utilizando de modo amplo os conhecimentos das diversas áreas de Biologia, mas não se restrinjam apenas a ela.

Dois estudantes estão conversando e dizem:

Estudante 1: você sabia que qualquer ser vivo (animal, vegetal, fungo, bactéria etc.) atual tem unidades (átomos) de carbono que vieram das estrelas anteriores ao nosso Sol?

Estudante 2: isso é um absurdo! Como esses carbonos poderiam ter chegado ao meu corpo?

Com qual dos estudantes você concorda? Explique sua resposta com detalhes.

Para analisarmos os potenciais sistêmicos de cada uma delas partimos das considerações feitas pela banca, e, utilizamos o referencial teórico como base.

Os resultados serão apresentados de forma não literal, mas contendo as ideias apontadas pela banca sobre as situações problema.

A análise é qualitativa e meta reflexiva, ocorre quando se reflete sobre o próprio ato de refletir (aprender), explicitando, segundo o nosso olhar, os nossos caminhos de aprendizagem, algo a posteriori [11].

## 4. RESULTADOS

### Situação 1

“Ficou restrita a biologia e ainda mais a fisiologia”. (B1).

“É próprio da fisiologia a integração dos conteúdos” (B1).

“O ensino de fisiologia hoje não coloca mais o sistema nervoso como centro de controle e sim como mais um sistema de integração junto aos outros sistemas” (B2).

### Situação 2

Há possibilidades de explorar diferentes áreas além da Biologia como Física e Química, no entanto, ficou nas ciências naturais, poderia ter explorado mais as ciências sociais” (B3).

“Não explorou de modo efetivo um problema atual e urgente: mudanças climáticas” (B1).

“Não explorou possibilidades além do carbono que circula na fotossíntese e do carbono da atmosfera” (B1).

## 5. ANÁLISE DA SITUAÇÃO 1

A partir do comentário feito por B1 sobre a atividade ter se restringido a biologia e ainda mais a fisiologia, julga-se a situação pouco multidisciplinar, pois, considerando a descrição de Capra e Luisi (2014) [2] sobre multidisciplinaridade, esta permite poucas relações entre diferentes áreas de conhecimentos, a maioria das relações se mantêm no campo da fisiologia. Contudo, a atividade permite o estabelecimento de diversas relações fisiológicas, o que apresenta certo nível sistêmico, já que segundo Capra e Luisi (2014) [2] esta teoria apresenta diferentes níveis de complexidade em diferentes escalas. Ou seja, segundo os autores, em cada nível, o sistema vivo é uma totalidade, enquanto, ao mesmo tempo, é parte de um todo maior, este entendimento é dependente da escala que se observa. Sendo assim, se pensarmos os sistemas fisiológicos no nível de totalidades, as relações estabelecidas entre sua rede de componentes atingem certa complexidade.

Ainda considerando as relações entre sistemas fisiológicos, concorda-se com a afirmação feita por B1 de que é próprio da fisiologia a integração de conteúdos. No entanto, não é isso que ocorre frequentemente no ensino. Segundo a literatura, os conteúdos de fisiologia são extremamente fragmentados, havendo pouco estabelecimento de relações durante o processo de aprendizagem [4] [5] [6]. A situação problema apresentada, além de permitir, necessita do estabelecimento das relações entre os sistemas fisiológicos para que seja respondida de forma adequada. Deixando de reafirmar a fragmentação dos conteúdos, e assim, contribuindo para o entendimento do funcionamento do corpo humano.

Partindo para o comentário de B2, “A pesquisa em fisiologia hoje não coloca mais o sistema nervoso como centro de controle, e sim, como mais um sistema de integração junto aos outros sistemas”, este coincide com a ideia de interdependência expressa pela teoria da complexidade. Tal ideia assume que os sistemas são compostos por redes de relações que se conectam com outros sistemas, sem hierarquias estabelecidas naturalmente, e assim, se há perturbação em uma parte da rede toda ela sofre a interferência [2]. Neste caso, o sistema nervoso é parte integrante do sistema vivo e sofre interferência dos diversos outros componentes deste sistema, assim como diz Maturana (2006) [12], o sistema nervoso intersecta com sensores e efetores que compõe o sistema vivo e por meio destes sofre perturbações que pode causar modificações em parte de sua rede neural, que por

sua vez, causa modificações em outras partes neurais, já que está tudo interligado.

Do ponto de vista da atividade proposta, esta não coloca ao centro o sistema nervoso, pois permite várias perspectivas das relações que ocorrem entre os sistemas fisiológicos, sem focar neste sistema. Tal fato, contribui para a noção de que o sistema nervoso não está ao centro do controle.

## 6. ANÁLISE DA SITUAÇÃO 2

“Há possibilidades de explorar diferentes áreas além da Biologia como Física e Química, no entanto, ficou nas ciências naturais, poderia ter explorado mais as ciências sociais” (B3).

“Não explorou de modo efetivo um problema atual e urgente: mudanças climáticas” (B1).

Em tempos em que o ensino é fragmentado e descontextualizado é bastante importante destacar que B3 nota a possibilidade de integração de Biologia, Química e Física. De modo geral isso não é feito nas escolas.

Segundo Capra e Luisi (2014) [2], as características sistêmicas podem ser observadas tanto no âmbito científico, como nas questões da natureza, e nas relações sociais, e como estes estão intrinsicamente envolvidos, por isso, concordamos que a situação problema carece desse tipo de conexão.

Como uma das possibilidades de solucionarmos esse problema poderíamos ter explicitamente pedido que a questão fosse relacionada ao seu viés social e/ou aos eventos de mudanças climáticas.

Segundo Colom (2004) [13], podemos observar o mundo como um sistema complexo, em que há sistemas dentro de sistemas, ou seja, as questões sociais estão envolvidas no ciclo do carbono formando um sistema mais complexo. A situação problema em questão é de certa forma sistêmica por englobar algumas áreas de conhecimento, mas poderia ser mais sistêmica ainda se englobasse o natural e o social.

Ciências naturais e ciências sociais formam um geral sistêmico complexo, se retiramos o social, como no caso da situação problema 2, teremos ainda algo sistêmico, mas não tão complexo [2].

“Não explorou possibilidades além do carbono que circula na fotossíntese e do carbono da atmosfera” (B1).

Realmente não foi discutido a partir da situação problema em questão a presença do carbono em todas as porções do planeta (atmosfera, litosfera e hidrosfera), mas esta permite apresentar aos estudantes a interação entre estas porções para o processo de ciclagem e fluxo da matéria, a partir do momento que as apresentam no ciclo, possibilitando a discussão de como e por quê há carbono nas outras porções da Terra [2].

Deixando de perpetuar a ideia propagada no ensino do ciclo biogeoquímico do carbono, de que há uma supervalorização da atmosfera e as demais porções não são vistas pelos alunos como parte de um todo dinâmico para a observação deste processo [8].

Permitindo então, realizar o ensino dos ciclos biogeoquímicos de maneira sistêmica, dinâmica e contextualizada.

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao analisarmos ambas as situações propostas, percebe-se que a situação 2 (ecologia), apresenta maior nível de complexidade que a situação 1 (fisiologia), pois exige a relação de maior quantidade de sistemas em diferentes escalas para sua resolução, portanto, permite maior multidisciplinaridade. Ao passo que, a situação 1 se restringe à um único recorte, a fisiologia, apresentando certa complexidade nesta área.

Apesar de que na teoria da fisiologia as relações são indispensáveis, na prática escolar, contudo, o estabelecimento da interdependência entre os conteúdos não ocorre. A situação problema 1 exige este tipo de relação, sendo um bom começo para a aplicação de uma visão complexa, mesmo que a atividade apresente algumas limitações de abrangência de áreas do conhecimento.

Ao se estudar a maneira como o ensino de ecologia é realizado nas escolas atualmente, fragmentado e descontextualizado, a situação problema 2 permite trabalhar este grande tema de forma sistêmica, permitindo uma integração entre diferentes áreas do conhecimento, possibilitando a compreensão do mundo como um todo complexo que para se manter em equilíbrio é necessário uma série de processos dinâmicos. Contudo, após um processo de meta reflexão sobre a situação problema a partir de críticas vindas das bancas de avaliação, percebeu-se que mesmo apresentando um potencial sistêmico, a situação problema em questão poderia ser trabalhada de maneira que atingisse um potencial mais complexo do que já é, a partir de reformulações que integre questões sociais juntamente à ciência natural, além de contextualizar melhor o tema trabalhado (ciclo biogeoquímico do carbono) aos estudantes, como por exemplo nas questões ambientais que envolvem mudanças climáticas, deixando claro também a presença da matéria em todas as porções do planeta e como estas porções se integram e se relacionam.

O processo apresentado aos alunos, é reduzido ao processo de troca entre fotossíntese e respiração. Os autores também apontam a não percepção do ciclo como algo dinâmico, dando a entender que sempre haverá retirada de carbono da atmosfera, e a litosfera seria uma fonte eterna de carbono, dando a entender o ciclo como algo estagnado.

Como dito anteriormente, há diferença de complexidade entre as situações, contudo, assume-se que ambas poderiam ser mais complexas, englobando mais áreas do conhecimento para suas resoluções.

É importante colocar que, apesar de ser interessante a busca de atividades sempre mais complexas, essas não atingirão a totalidade da complexidade, pois, de acordo com a multidimensionalidade da experiência de Najmanovich (2001) [1], o conhecimento sempre será aproximado, já que este depende do observador, que sempre assume uma perspectiva determinada, e portanto, este não pode conhecer todas as perspectivas ao mesmo tempo, sempre havendo uma zona cega do conhecimento. O que não deve desmotivar a busca do mais complexo, e sim, proporcionar a consciência de que não se trata da totalidade de forma integral.

## 8. AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Mackpesquisa e ao Grupo de estudos e pesquisa sobre a perspectiva biológico-cultural no ensino de Ciências e de Biologia da Universidade Presbiteriana Mackenzie pelo apoio na elaboração e financiamento deste trabalho.

## 9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] D. Najmanovich, O sujeito encarnado: limites, devir e incompletude. In: D. Najmanovich. **“O sujeito encarnado: questões para pesquisa no/do cotidiano”**, Rio de Janeiro: DP&A, 2001. pp. 7-29.
- [2] F. Capra, P. Luisi, Das partes para o todo. In: F. Capra, P. Luisi, P. **“A visão sistêmica da vida: Uma concepção unificada e suas implicações filosóficas, políticas, sociais e econômicas”**. São Paulo: Cultrix, 2014, pp. 93-116.
- [3] F. T. Capra, Teorias Sistêmicas. In: F. T. Capra, **“A Teia da Vida”**. São Paulo: Cultrix, 2006, p. 46-55.
- [4] I. C. Souza, “Literatura de cordel: uma ferramenta didática para ensino e aprendizagem da fisiologia humana integrada”, **Revista da SBEnBio**, Rio de Janeiro, Vol. 9, 2016.
- [5] G. Albuquerque, T. Giannella, “Tecnologias digitais de informação e comunicação no ensino de fisiologia humana: análise dos principais problemas educativos e estratégias pedagógicas”, **Revista da SBEnBio**, Vol. 9, 2016, pp. 1492-1504.
- [6] J. A. H. Lengert, M. C. Marchese, “A utilização de um tema atual – o estresse – como elemento motivador e integrador para o estudo da fisiologia humana no ensino médio: a percepção dos alunos sobre o seu estresse – causas, consequências e controle”, **Paraná: Secretaria de Educação**, 2007.
- [7] H. Bayrhuber, et al., “Didaktik analysis for the system earth project the analytical foundation of the system earth Project”, In: **IOSTE symposium**, n.10, 2002, pp. 301-311.
- [8] F. González, F. García, M. Tejada, “Las ilustraciones de los ciclos biogeoquímicos del carbono y en los textos de secundaria”, **Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias**, Vol. 4, No. 3, 2007, pp. 442-460.
- [9] L. Donegá, **“Pensamento sistêmico: explicações de professores da educação básica para situação problema em fisiologia”**, Graduação, Universidade Presbiteriana Mackenzie, 2019.
- [10] G. Leme, **“Explicações de professores da educação básica para uma situação problema em ecologia sob o olhar do pensamento sistêmico”**, Graduação, Universidade Presbiteriana Mackenzie, 2019.
- [11] M. Grangeat, **“A metacognição, um apoio ao trabalho dos alunos”**, Portugal: Porto Editora, 1999.
- [12] MATURANA, H. A ciência como um domínio cognitivo. In: MATURANA, H. **Cognição, Ciência e Vida Cotidiana**. 2. ed. Belo Horizonte: Humanitas, 2006. p. 144-153.
- [13] A. Colom, **“Construção do conhecimento pedagógico”**, Porto Alegre: Artmed, 2004.