

## NARRATIVA DA CONSTRUÇÃO E APLICAÇÃO DE SEQUÊNCIAS INVESTIGATIVAS EM FISILOGIA COMPARADA NAS AULAS DE BIOLOGIA

DANIEL MANZONI DE ALMEIDA <sup>1</sup>

ALLAN CARLOS PSCHIEDT <sup>2</sup>

CLAUDIO MANTOVANI MARTINS <sup>2</sup>

### RESUMO

Estudos têm sido feitos mostrando o desenvolvimento e uso de métodos pedagógicos alternativos como propostas à substituição do uso de animais nas aulas práticas de Biologia. O objetivo do presente artigo foi a construção de Sequências de Ensino por Investigação (SEI) em fisiologia animal comparada e analisar a aplicação em aulas do curso de Ciências Biológicas. Neste artigo nós narramos a experiência de construção e aplicação dessas sequências nas aulas de um semestre letivo no curso de Ciências Biológicas. Nossas análises mostraram a mobilização de importantes características da educação científica em Biologia pelos estudantes ao realizarem as SEIs propostas.

**Palavras-chaves:** ensino de fisiologia comparada; ensino de fisiologia por investigação; material alternativa nas aulas de Biologia

### ABSTRACT

Studies have been done showing the development and use of alternative pedagogical methods as proposals to substitute the use of animals in practical classes in Biology. The aim of this study was to construct Sequences of Inquiry-based learning model in comparative animal physiology and to analyze the application in classes of the Biological Sciences course. Here, we describe the experience of the construction and application of these sequences in the classes of a semester in the high education level Biological Sciences course. Our analyzes showed the mobilization of important characteristics of scientific education in Biology by the students when carrying out the physiology inquiry-based learning model proposed.

<sup>1</sup> Grupo de Pesquisa em Ensino & Ciências, Escola de Ciências da Saúde do Centro Universitário das Faculdades Metropolitanas Unidas (FMU). E-mail: [daniel.almeida@fmu.br](mailto:daniel.almeida@fmu.br)

<sup>2</sup> Grupo de Pesquisa Estudo da Biodiversidade e Conservação do Meio Ambiente, Escola de Ciências da Saúde do Centro Universitário das Faculdades Metropolitanas Unidas (FMU)

**Keywords:** teaching of comparative physiology; teaching of research physiology; Alternative material in Biology classes

## INTRODUÇÃO

Ao longo da história da humanidade, principalmente no desenvolvimento da Ciência, foi comum o uso de animais como modelos experimentais para estudos da vida, seus mecanismos biológicos e interação com o meio ambiente (PAIXÃO, 2001). Essa prática estende-se ao uso de animais nas aulas práticas científicas, em especial, nas aulas de Ciências Biológicas. Em abril de 2018 o CONCEA (Conselho Nacional de Controle de Experimental Animal), por meio de sua Resolução Normativa 38, passou a proibir “o uso de animais em atividades demonstrativas e observacionais que não objetivem desenvolver habilidades psicomotoras e competências dos discentes envolvidos”. A proibição está ligada às questões éticas e morais que tal prática leva ao pensamento de objetificação dos animais e banalização da vida, além de estudos os quais mostraram que a utilização de animais em aulas práticas pode não agregar conhecimento conceitual e científico suficiente aos estudantes (FERRARI, 2004; BARBUDO, 2006; ZANETTI, 2009). Ao mesmo tempo, paira a questão de como formar cientistas em ciências biológicas sem o contato com as estruturas e fisiologias dos seres vivos. Diversos estudos têm mostrado o desenvolvimento e uso de métodos pedagógicos alternativos, por exemplo, modelos anatômicos sintéticos e recursos audiovisuais como propostas à substituição do uso de animais nas aulas práticas de Biologia (FRAGOSO & CÂNDIDO JÚNIOR, 2007; ZANETTI, 2009)

Após a publicação da resolução, nós do curso de Ciências Biológicas, preocupados com uma formação de qualidade de profissionais éticos e conscientes com o Meio Ambiente passamos a reduzir a utilização de animais no primeiro semestre de 2018 até a total substituição dos métodos por modelos sintéticos e outras metodologias que possibilitam atingir os mesmos níveis de aprendizagem e desenvolvimento das competências necessárias para atuação desses futuros profissionais. Assim, em nossas linhas de pesquisa formadas pelo Grupo de Pesquisa em Ensino & Ciências e pelo Grupo de Pesquisa Estudo da Biodiversidade e Conservação do Meio Ambiente, por meio da nossa experiência como cientistas e professores, temos o objetivo de construir e experimentar sequências didáticas

inovadoras para a Escola de Ciências Biológicas e da Saúde na FMU como maneira de promover a alfabetização científica e o desenvolvimento das competências e habilidades específicas para futura atuação profissional em saúde dos nossos estudantes.

Aqui neste estudo, nosso objetivo foi propor uma série de cinco sequências, com base na metodologia ativa de ensino por investigação<sup>1</sup>, em fisiologia comparada como alternativa ao uso de animais nas aulas práticas ao longo do semestre letivo do curso de Ciências Biológicas e realizar o relato das nossas observações com os grupos de estudantes. A nossa escolha da utilização das bases do ensino por investigação na construção das nossas atividades em fisiologia está ligada a perspectiva de uma educação científica em que os sujeitos tomem conhecimentos técnico-científicos e práticas específicas, por exemplo, análise de dados, comunicação e validação de saberes, comuns à cultura científica (TRIVELATO & TONIDANDEL, 2015).

## **MATERIAL E MÉTODOS**

Nosso estudo foi realizado a partir da construção das sequências de ensino por investigação e da análise quali-quantitativa das aplicações das sequências nas aulas de biologia no ensino superior.

As estruturas das sequências de ensino por investigação foram construídas com base nas propostas sobre ensino por investigação de Bybee (2006) e Blanchard e colaboradores (2012). As aplicações das sequências foram inseridas nas disciplinas de Práticas em Sistemas Biológicos e Estrutura e Função Animal da grade curricular de duas turmas do primeiro semestre do curso de Ciências Biológicas ao longo do semestre letivo (4 meses total). As questões sobre os sistemas fisiológicos dos vertebrados foram compostas e inseridas na avaliação regimental aplicada ao final do semestre letivo. As respostas assinaladas pelos estudantes foram computadas, as porcentagens de acertos foram calculadas e para melhor visualização os dados foram tratados estatisticamente. Ao final da aplicação de todas as SEIs os estudantes foram

---

<sup>1</sup> O ensino por investigação é uma abordagem didática de ensino de ciências baseada na epistemologia das ciências em que proporciona ao estudante para além do copiar e reproduzir os saberes administrado pelo professor, mas a possibilidade de um sujeito ativo na construção dos saberes na experiência da cultura e raciocínio científico (SASSERON, 2015).

estimulados a realizar uma redação livre como forma de testemunho da experiência que foram envolvidos durante o semestre<sup>2</sup>. As respostas foram analisadas e trechos importantes, com aspectos positivos e negativos da experiência vivida e refletida pelos estudantes, foram recortados como exemplos.

Este estudo foi realizado em dias e turnos das turmas diferentes em que não pudemos contar com o total de alunos esperados em todos os momentos. Dessa forma, consideramos os dias em que as atividades foram realizadas, as avaliações respondidas e a autoavaliação desenvolvida em que constatamos nas aulas uma média de 40 estudantes. Todos os estudantes foram informados no início do semestre do desenvolvimento do estudo, concordaram com a participação e assinaram Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) aprovado pelo comitê de ética.

## **ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS**

### **A construção das Sequências de Ensino por Investigação (SEIs) em fisiologia comparada**

Nossa formação como pesquisadores tem filiação com a área de fisiologia, assim, nosso lugar epistêmico nos garante uma possibilidade maior de diálogo com os saberes nessa área para articularmos as metodologias de ensino. Dessa forma, as disciplinas que ministramos, Estrutura e Função Animal e a de Prática em Sistemas Biológicos foram as disciplinas eleitas para nossa pesquisa.

A disciplina de Estrutura e Função Animal é ministrada no primeiro semestre do curso de Ciências Biológicas, com carga horária total de 40 h, e tem o objetivo de apresentar, discutir e estudar as estruturas anatômicas e fisiológicas dos principais grupos dos animais vertebrados desenvolvendo competências e habilidades analíticas dos estudantes no reconhecimento das estruturas orgânicas, suas funções nos seres vivos e relações com o meio ambiente. Por outro lado, a disciplina de Práticas em Sistemas Biológicos e Bioética, com também carga horária de 40 h total,

---

<sup>2</sup> Os estudantes receberam folhas contendo a comanda: "Relate sobre sua experiência, focando no ensino-aprendizagem, da utilização de massa de modelar para construção dos modelos nas aulas com temática zoologia e fisiologia. Qual a importância de uma aula como essa? Quais foram os aprendizados com as aulas? Quais foram os pontos negativos? Quais foram os pontos positivos?" e tiveram aproximadamente 1 hora para confecção das respostas.

tem o objetivo no desenvolvimento de habilidades que tocam a prática experimental em ciência e suas competências sociais no exercício da prática científica. Nela os estudantes podem vivenciar diversas práticas básicas de pesquisa nas áreas de Biologia, por exemplo, Botânica, Zoologia e Evolução, e flexionar esses saberes técnicos com o exercício e responsabilidade do cientista na sociedade ao discutir temas que envolvem a área da Bioética. Ambas as disciplinas possibilitam, a nós professores que a ministramos, o trabalho com a cultura científica das áreas da Biologia articulando os saberes biológicos básicos com a prática futura da profissão de um biólogo e/ou professor de biologia.

### **Aplicação das SEIs e análise dos dados**

A SEIs foram aplicadas para duas turmas do primeiro semestre nas disciplinas de Estrutura e Função animal e em Práticas em Sistemas Biológicos do curso de Ciências Biológicas (aproximadamente 40 alunos/total). As aplicações das SEIs foram alocadas nessas duas disciplinas, pois em ambas são ministrados conteúdos teóricos de fisiologia e evolução biológica; e práticas experimentais em ciências biológicas. Ao total foram aplicadas cinco SEIs com temas diferentes correspondentes a fisiologia comparada e evolução biológica nos animais vertebrados (1- sistema nervoso; 2- sistema respiratório; 3- sistema circulatório; 4- sistema excretor; 5- sistema reprodutor). Na aplicação, na etapa 2 das SEIs (Quadro 1), os estudantes de cada turma foram divididos em cinco grupos. Cada grupo de estudante (aproximadamente 4-5 estudantes por grupo) ficou responsável pela construção de uma estrutura fisiológica correspondente ao grupo animal. Por exemplo, o grupo 1 (G1) construiu a estrutura modelo do grupo dos peixes; o grupo 2 (G2) a estrutura do grupo dos anfíbios; o grupo 3 (G3) do grupo dos répteis; o grupo 4 (G4) do grupo das aves; e o grupo 5 (G5) com o grupo dos mamíferos. Os alunos receberam material escolar (massa de modelar, placas de isopor e madeira) para construção dos modelos; um texto descrevendo a presença ou ausência, tamanho e volume das estruturas anatômicas-fisiológicas correspondente ao grupo animal destinado ao grupo. Ao final da atividade, os estudantes receberam uma prancha contendo uma ilustração das estruturas anatômico-fisiológicas para comparação e ajustes ao que produziram.

<b>Sequência das aulas</b>	<b>Tema da aula</b>	<b>Objetivos de aprendizagem</b>
1	Apresentação do tema, problema e da questão de investigação	Conhecer conceitos básicos de estrutura e função animal (vertebrados); engajar no problema e questão de investigação
2	Desenvolvimento das estruturas dos sistemas dos vertebrados	Explorar e explicar os dados de estrutura e função animal por meio da construção dos modelos anatômicos
3	Apresentação e discussão das estruturas desenvolvidas	Elaborar e avaliar os entendimentos da investigação realizada e dividir com colegas e professor oralmente os achados da etapa anterior
4	Redação dos relatórios científicos	Elaborar e avaliar os entendimentos da investigação realizada produzir de forma escrita os achados

Quadro 1. Sequência de ensino por investigação (SEI) em fisiologia comparada de vertebrados.

Na Figura 1 pode-se observar um dos resultados dessa etapa da aplicação da SEI pelos exemplos de imagens das estruturas do sistema nervoso dos vertebrados construídas pelos grupos de estudantes. Chamamos a atenção para os detalhes de duas estruturas construídas pelos estudantes: o telencéfalo e o cerebelo. Estas importantes estruturas apresentam tamanho e volume diferentes nos grupos dos animais vertebrados de acordo com a adaptação desses animais ao meio ambiente que vivem. A atenção a esse detalhe pelos estudantes ao construí-las no volume e tamanho em acordo com o grupo animal, sugere a mobilização de saberes e práticas epistêmicas importantes, por exemplo, de comparação e definição, no exercício do método científico em Biologia (POLISELI, 2003; MANZONI-DE-ALMEIDA, 2016).

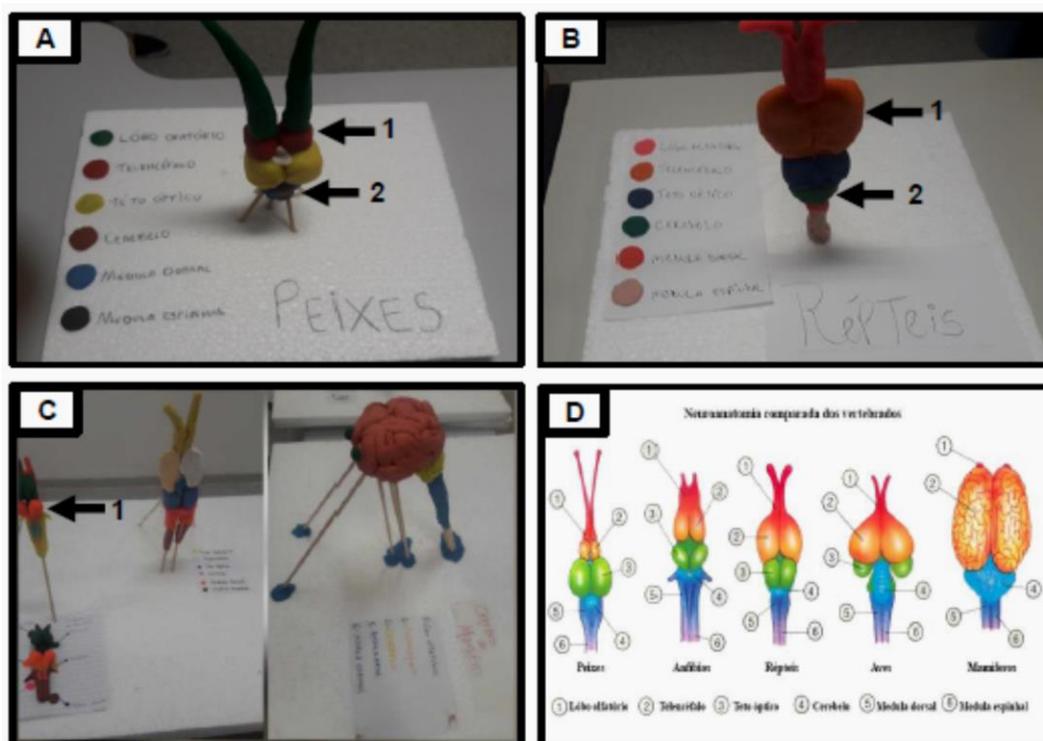


Figura 1. Construções das estruturas dos encéfalos dos vertebrados pelos estudantes. Em A é mostrado a estrutura do encéfalo do grupo dos peixes construída por um grupo; em B a estrutura do encéfalo dos répteis por outro grupo; em C as estruturas dos encéfalos das aves e mamíferos desenvolvidas por outro grupo de estudantes; em D a prancha com o gabarito fornecida aos grupos de estudantes para discussão e conclusão das estruturas modeladas. As ilustrações da prancha foram obtidas em Amabis & Martho (2010). Nas imagens de A a C as setas 1 e 2 correspondem ao telencéfalo e cerebelo, respectivamente, modelados pelos estudantes.

Ao final das aplicações das SEIs, em ambas as disciplinas, ao longo do semestre letivo, na avaliação final do semestre foram acrescentadas sete questões abordando três (sistema nervoso, sistema respiratório e sistema excretor dos vertebrados) dos cinco sistemas anatômico-fisiológico trabalhados ao longo do semestre que mobilizam as duas principais práticas epistêmicas citadas no exercício da construção dos modelos, a definição (4 questões) e a comparação (3 questões). Os estudantes realizaram as avaliações e as questões foram corrigidas pelos professores. O número de acertos foi computado e a porcentagem de acertos nas questões foi calculada. No conteúdo do sistema respiratório as análises mostraram 17% e 76,9% de acertos para questões sobre definição (Tabela 2). No conteúdo sobre sistema nervoso, as análises mostraram 65% e 88% para a questão que mobilizava a comparação de estruturas e fisiológicas entre os grupos de animais e 88% para a

questão estruturada com definição (Tabela 3). Na avaliação dos saberes sobre o sistema excretor as análises mostraram 33% na questão de mobilização de comparação e 27,6% na de definição (Tabela 4). Esse conjunto de resultados sugere que os estudantes identificam, nos saberes em anatomia e fisiologia comparada, as descrições e comparações quando solicitadas.

	<b>Questão 1</b>	<b>Questão 2</b>
Enunciado da questão	Para as trocas gasosas os peixes apresentam bolsas ou filamentos branquiais ricamente vascularizados. Qual é aquele animal que utiliza sete pares de bolsas branquiais abrindo-se separadamente nas laterais do corpo?	Nos pulmões, o fluxo de ar pode ser uni ou bidirecional, dependendo do grupo de vertebrado. A ventilação pode ser realizada através de musculatura associada às costelas, com o diafragma, ou ainda com o auxílio dos sacos aéreos. Estes últimos estão presentes em que animal abaixo?
Objetivo	<i>Definição</i>	<i>Definição</i>
% de acertos	17%	76,9%

**Tabela 2.** Análise da articulação dos saberes básicos de estrutura e função fisiologia comparada (sistema respiratório dos vertebrados) com duas práticas epistêmicas importantes do método científico em Biologia propostas por Ernest Mayr (POLISELI, 2003).

	<b>Questão 1</b>	<b>Questão 2</b>	<b>Questão 3</b>
Enunciado da questão	Observe o quadro que faz a representação do sistema nervoso e do coração de alguns grupos de vertebrados. Essa representação foi feita de forma aleatória, não	Qual dos grupos de animais apresenta maior córtex cerebral desenvolvido?	Sabendo que os vertebrados são um subfilo do filo <i>Chordata</i> , analise as

	mostrando correspondência entre sistema nervoso e coração para cada grupo nem apresentando sequência evolutiva. (Ver imagem). Qual a alternativa que apresenta a associação correta encontrada nos peixes?*		alternativas a seguir, compare as estruturas e marque a única que mostra uma característica exclusiva dos cordados.
Objetivo	<i>Comparação</i>	<i>Definição</i>	<i>Comparação</i>
% de acertos	65%	88%	88%

**Tabela 3.** Análise da articulação dos saberes básicos de estrutura e função fisiologia comparada (sistema nervoso dos vertebrados) com duas práticas epistêmicas importantes do método científico em Biologia propostas por Ernest Mayr (POLISELI, 2003).

	Questão 1	Questão 2
Enunciado da questão	O rim de vertebrados adultos pode ser do tipo opistonefro ou metanefro. Os rins holonefro, pronefro e mesonefro ocorrem apenas durante o desenvolvimento embrionário. Observe as imagens, compare e aponte em qual animal abaixo se espera encontrar um rim pronefro no embrião, um rim mesonefro no feto, e um rim metanefro do adulto?	Os vertebrados excretam compostos nitrogenados na urina, tais como amônia, ureia e ácido úrico. Quem dos animais abaixo é o único que excreta ácido úrico?

Objetivo	Comparação	Definição
% de acertos	33%	27,6%

**Tabela 4.** Análise da articulação dos saberes básicos de estrutura e função fisiologia comparada (sistema excretor dos vertebrados) com duas práticas epistêmicas importantes do método científico em Biologia propostas por Ernest Mayr (POLISELI, 2003).

Ao final do semestre, também, os estudantes avaliaram, por meio de uma redação livre, o trabalho do estudo de fisiologia comparada por meio das SEIs com construção dos modelos anatômico-fisiológicos. Como exemplo, destacamos parte dos depoimentos escritos de quatro estudantes sobre a experiência ao longo do semestre com as SEIs em Fisiologia (Quadro 2). Os pontos positivos e os negativos levantados pelos estudantes sobre as SEIs foram analisados e sugerem que os estudantes aproveitaram as experiências proporcionadas nas SEIs e sentiram-se estimulados na busca da autonomia para construção dos saberes em fisiologia. Por outro lado, os estudantes também relataram das dificuldades do trabalho em grupo e a preocupação, enquanto estudantes de Biologia, com o descarte e reciclagem do material, por exemplo, isopor, utilizado nas aulas.

Aluno	Pontos positivos	Pontos negativos
1	<i>“(...) nomear, localizar e visualizar em 3D a estrutura ensinada na aula”</i>	<i>“(...) formar apenas duplas ou trios para o manuseio e interpretação das estruturas aos invés de grupos maiores (...)”</i>
2	<i>“(...) aprender de forma divertida e leve tornando a aprendizagem mais fácil (...)”</i>	<i>“(...) após o término da atividade todo o material foi jogado fora e não são materiais recicláveis (...)”</i>
3	<i>“(...) ajudou no aprendizado do conteúdo de fisiologia animal e também</i>	<i>“(...) pode ter sido um pouco difícil trabalhar com a massa de</i>

	<i>auxiliou o trabalho em grupo</i>	<i>modelar para quem não tem habilidade</i>
4	<i>“As práticas de modelar foram de extrema importância no processo de fixação do conceito de processo evolutivo (...)”</i>	<i>“(...) o ponto negativo foi a imaturidade de alguns colegas para compreender a didática no início, mas não demorou muito para compreenderem e trabalharem com mais clareza”</i>

**Quadro 2.** Depoimentos dos estudantes das turmas de Ciências Biológicas, expressando pontos positivos e negativos, sobre a realização das aulas da sequência de ensino por investigação em fisiologia comparada.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nós como docentes e gestores das disciplinas podemos também trazer impressões críticas a partir da nossa experiência das construções e aplicação das SEIs em nossas aulas de Biologia. A primeira é que as construções dos modelos por investigação podem proporcionar o desenvolvimento da autonomia e engajamento dos estudantes em importantes práticas científicas, em especial da epistemologia da Biologia. Uma segunda pode ser relacionada ao desenvolvimento de um espírito crítico não apenas com os conteúdos dos conceitos científicos, mas com sua atuação, como sujeitos, diante de um grupo e com o meio em que se encontram. A experiência do pesquisar e fazer, no coletivo, o seu objeto de estudo e construir narrativas de aprendizagem dos conceitos biológicos interconectado com diferentes sujeitos em sala de aula sugere que o trabalho pedagógico utilizando as SEIs em fisiologia comparada possibilitou a experiência de uma cultura científica aos estudantes nas disciplinas de Biologia da graduação.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMABIS, J.M; MARTHO, G.R, *Biologia dos Organismos*, Vol. 2, São Paulo, Ed.: Moderna; 2010.

BARBUDO, C. R. O uso prejudicial de animais em salas de aula como recurso didático. 2006. 56 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas) - Universidade Federal de Alfenas, Alfenas, 2006.

BLANCHARD, M. R.; SOUTHERLAND, S. A.; OSBORNE, J. W.; SAMPSON, V. D.; ANNETA, L. A.; GRANGER, E. M. Is inquiry possible in light of accountability? A quantitative comparisons of the relative effectiveness of guided inquiry and verification laboratory instruction. *Science Education*, s. l., p. 577-616, Mar. 11, 2012.

BYBEE, R., TAYLOR, J. A., GARDNER, A., van SCOTTER, P., CARLSON, J., & WESTBROOL, A. *The BSCS 5E instructional model: origins and effectiveness*. Colorado Springs, CO: BSCS, 2006.

FERRARI, B. G. Experimentação animal: aspectos históricos, éticos, legais e o direito à objeção de consciência. 2004. 113 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Direito) – Faculdade de Direito de Bauru, Bauru, 2004.

FRAGOSO, R. O.; CÂNDIDO JÚNIOR, J. F. Uso (ou não) de animais vivos na pesquisa e na educação. In: SEMANA DA BIOLOGIA, 17, 2007, Cascavel. Resumos dos Trabalhos. Cascavel: UNIOESTE, 2007.

MANZONI-DE-ALMEIDA, D; Marzan, P; Trivelato, SLF. ANALYSIS OF EPISTEMIC PRACTICES IN REPORTS OF HIGHER EDUCATION STUDENTS GROUPS IN CARRYING OUT THE INQUIRYBASED ACTIVITY OF IMMUNOLOGY. *Investigações em Ensino de Ciências (Online)*, v. 22, p. 105-120, 2016.

PAIXÃO RL. Experimentação animal: razões e emoções para uma ética [tese]. Rio de Janeiro: Escola Nacional de Saúde Pública, Fundação Osvaldo Cruz; 2001.

POLISELI L., OLIVEIRA EF., CHRISTOFFERSEN ML. O Arcabouço filosófico da biologia proposto por Ernst Mayr. *Revista Brasileira de História da Ciência*, 2003.

SASSERON, L. H. Alfabetização Científica, Ensino por Investigação e Argumentação: relações entre Ciências da Natureza e escola. Revista Ensaio. Belo Horizonte. v.17, n. especial, p. 49-67, novembro, 2015.

TRIVELATO, S. L. F.; TONIDANDEL, S. M. R. ENSINO POR INVESTIGAÇÃO: EIXOS ORGANIZADORES PARA SEQUÊNCIAS DE ENSINO DE BIOLOGIA. Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte), v. 17, p. 97-114, 2015. ISSN 1983-2117.

ZANETTI, M. B. F. O uso experimental de animais como instrumento didático nas práticas de ensino no curso de Medicina Veterinária. In: ENCONTRO SUL BRASILEIRO DE PSICOPEDAGOGIA, 3., 2009, Curitiba. Anais. Curitiba: PUC-PR, 2009. p. 8.570-8.582. 1 CDROM