

O ENSINO INVESTIGATIVO DE BIOLOGIA CELULAR NO CURSO DE ENGENHARIA DE PESCA DA UNIVERSIDADE DO ESTADO DA BAHIA (UNEB) CAMPUS XXIV – XIQUE-XIQUE-BA

THE INVESTIGATIVE TEACHING OF CELL BIOLOGY IN THE FISHING ENGINEERING
COURSE OF THE STATE UNIVERSITY OF BAHIA (UNEB)
CAMPUS XXIV – XIQUE-XIQUE-BA

Darcy Ribeiro de Castro¹, Charbel Niño El-Hani², Renata Carvalho Santana³, Robert Caetano da Silva⁴

DOI: 10.37702/REE2236-0158.v40p82-94.2021

RESUMO

O ensino investigativo tem se apresentado nas últimas décadas como uma alternativa complementar para o aprendizado de Biologia Celular para estudantes do Ensino Médio e ingressantes em cursos superiores das áreas biológicas e afins. O presente estudo foi desenvolvido no curso de Engenharia de Pesca da Universidade do Estado da Bahia (UNEB), *Campus XXIV*, Xique-Xique-BA, e teve como objetivo apresentar e discutir os conteúdos de Biologia Celular assimilados pelos estudantes após a realização de aulas teórico-práticas investigativas, a partir de conceitos estruturantes, com vistas a produzir implicações para o ensino na área. Usamos a pesquisa qualitativa vinculada à observação estruturada participante com 26 estudantes ingressantes em 2015.1, que participaram de um conjunto de 16 atividades teórico-práticas. A coleta de dados foi realizada com auxílio de celular digital (fotos e gravação em áudio/vídeo) e nota de campo. Os registros foram transcritos, identificados, classificados e analisados a partir dos referenciais consultados. Evidenciamos que atividades investigativas de ensino contribuíram para elaboração de conceitos científicos estruturais (47,90%) e funcionais (52,10%) pelos estudantes de Engenharia de Pesca que, em geral, abrangem propriedades peculiares (morfológica, anatômica e fisiológica) de uma célula/organismo em seus aspectos micro e macroscópicos, uni e pluricelular na sua interação com o ambiente, o que favorece a uma melhor compreensão sobre sistemas vivos.

Palavras-chave: atividades teórico-práticas; conceitos estruturais; conceitos funcionais.

ABSTRACT

The investigative teaching has presented itself in recent decades as a complementary alternative for the learning of Cell Biology for high school students and tickets in higher courses in the biological and related areas. The present study was developed in the Fishing Engineering Course of the State University of Bahia (UNEB), *Campus XXIV*, Xique-Xique-BA and aimed to present and discuss the contents of Cell Biology assimilated by students after conducting theoretical-practical investigative classes based on structuring concepts with a view to producing implications for teaching in the area. We used qualitative research linked to structured observation participant with 26 students tickets in 2015. 1, who participated in a set of 16 theoretical-practical activities. Data collection was performed with the aid of a digital cell phone (photos and audio/video recording) and field note. The records

¹ Universidade do Estado da Bahia (UNEB), *Campus XXIV*, dcastro@uneb.br

² Universidade Federal da Bahia (UFBA), Programa de Pós-graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências, charbel.elhani@gmail.com

³ Graduanda em Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade do Estado da Bahia (UNEB), *Campus XXIV*, renatacarvalho.esa@gmail.com

⁴ Graduando em Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade do Estado da Bahia (UNEB), *Campus XXIV*, robert.esa@hotmail.com

were transcribed, identified, classified and analyzed from the references consulted. We evidenced that teaching research activities contributed to the elaboration of structural scientific concepts (47.90%) functional (52.10%) by the students of Fisheries Engineering who, in general, cover peculiar properties (morphological, anatomical and physiological) of a cell/organism in its micro and macroscopic, uni and pluricellular aspects in its interaction with the environment, which favors a better understanding of living systems.

Keywords: theoretical-practical activities; structural concepts; functional concepts.

INTRODUÇÃO

A realização de aulas práticas de Biologia atende a uma pequena parcela de escolas de Ensino Médio e cursos universitários, sendo que, para esses últimos, espera-se uma recuperação do conteúdo prático não iniciado na formação das crianças e jovens estudantes. Há uma dificuldade dos professores do Ensino Fundamental e Médio em explicar o conteúdo biológico envolvido nas atividades práticas e em conduzir a aprendizagem dos alunos, a qual se estende até a universidade. Por essa razão, o trabalho de laboratório, quando realizado, geralmente é reduzido a uma simples atividade manual que cumpre o papel de ilustrar apenas a teoria ensinada em sala de aula. As aulas práticas investigativas têm trazido, nas últimas décadas, bons resultados para o ensino, porque, ao agregar a teoria que rege os conteúdos e procedimentos práticos em sala de aula, contribuem para a aprendizagem de estudantes de diferentes níveis de formação (FERREIRA; VILELA; SELLES, 2003; KRASILCHIK, 2008; AZEVEDO, 2006; CASTRO, 2014; CRAWFORD; CAPPS, 2018; SCARPA; CAMPOS, 2018).

Para Carrascosa, Gil-Pérez e Vilches (2006), houve, a partir dos anos 1990, um amplo consenso na proposição das aulas práticas como atividade investigativa. Porém, estes autores ressaltam a necessidade de se trazer exemplos concretos como resultados dessa abordagem de ensino, a fim de contribuir para que os professores em formação e em serviço não usem as práticas como mera

experiência, receita ou “*slogan*” pouco operativo, em que os estudantes não integrem aspectos essenciais⁵ da atividade científica, como reflexo de um distanciamento entre a teoria e a prática realizada. Nesse sentido, no Artigo 35 da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, posteriormente LDBEN, na Seção IV, apresenta-se como finalidade: “a compreensão dos fundamentos científico-tecnológicos dos processos produtivos, relacionando a teoria com a prática, no ensino de cada disciplina” (BRASIL, 1996), o que aponta claramente para a relação que deve existir entre teoria e a prática.

As Diretrizes Curriculares Nacionais (DCNs) para o curso de graduação em Engenharia de Pesca enfatizam a necessidade de se estabelecer uma relação estreita e concomitante entre teoria e prática, a fim de permitir que o profissional desenvolva competências e habilidades como: utilizar os conhecimentos essenciais na identificação e resolução de problemas; diagnosticar e propor soluções viáveis para o atendimento das necessidades básicas de grupos sociais e individuais (pesca e a aquicultura); conhecer a biodiversidade dos ecossistemas aquáticos, visando à aplicação biotecnológica; aplicar conhecimentos científicos, tecnológicos e instrumentais para fins de contribuir com a qualidade de vida das comunidades pesqueiras, entre outras (BRASIL, 2006).

Admitimos que a partir da abordagem investigativa na sala de aula, é permitida uma integração entre a teoria e a prática, a qual pode ser ampliada por meio dos conceitos

⁵ A curiosidade científica, a capacidade de resolver problemas, a manipulação de materiais e equipamentos, observação crítica de objetos/eventos biológicos, a interação social, a aplicação do aprendizado em outros contextos acadêmicos e do dia a dia etc.

estruturantes, pois, além de representar um ponto de partida para o ensino ou de um núcleo por meio do qual outros conceitos podem estar associados, permite a contextualização dos conteúdos durante o processo educativo (SHAEFER, 1979; GAGLIARDI, 1986; EL-HANI; CASTRO, 2004; CASTRO, 2010; 2014; CASTRO et al., 2016; CARVALHO, 2016; EL-HANI; NETO; CARVALHO, 2011; 2020). Assim, ao se ensinar conteúdos estruturantes relacionados aos conceitos, por exemplo, de sistema de transporte, vida, ser vivo, célula, uma série de outros termos relacionados podem ser derivados cuja assimilação está associada à abordagem didática dentro do ciclo investigativo.

No processo de derivação, emerge a importância que Vygotsky atribui aos meios usados para formação dos conceitos científicos. Os meios são o signo ou a palavra que o docente usa na condução das tarefas escolares/acadêmicas e que propiciam as operações mentais dos estudantes, controlam o seu curso e a canalização do raciocínio em direção ao pensamento conceitual. Essas tarefas afetam o conteúdo e o método de raciocínio dos estudantes com a construção de um novo significado para os conceitos assimilados (VYGOTSKY, 1991; 2010).

O ciclo investigativo conta com a realização de tarefas teórico-práticas que exigem a participação ativa do estudante (individualmente e em grupo) durante a sua execução, tendo como base a orientação do professor e do livro didático, entre outros materiais. Assim, o ensino por investigação segue as seguintes etapas: formulação do problema; levantamento das ideias prévias dos estudantes; a observação; a hipotetização; o desenho experimental; a fundamentação teórica para experimento; a realização do experimento; a manipulação de variáveis; a argumentação; a discussão dos resultados; as conclusões; e a comunicação (CARVALHO, 2000;

CARVALHO; GIL-PÉREZ, 2000; MELVILLE et al., 2008; CARVALHO, 2013; SCARPA; SILVA, 2013; HODSON, 2014; SASSERON, 2015; PEDASTE et al., 2015; KANG; KEINONEM, 2018). Para esses autores, a atividade investigativa orientada potencializa os sujeitos quanto ao uso adequado do método científico⁶, o que é relevante para construção de conceitos novos, que, para a sua formação, tomamos como exemplo a contribuição do ensino dentro de um sistema biológico⁷.

Para El-Hani e Castro (2004):

é necessário ter na devida conta que um sistema vivo restringe as atividades das moléculas que o compõem a padrões definidos, atribuindo-lhes uma função e um significado que elas não têm quando isoladas (EL-HANI; CASTRO, 2004, p. 4).

Assim, a ênfase atribuída aos conceitos estruturantes ou estruturais é um diferencial para compreensão dos princípios organizativos dos sistemas vivos, pois consideram explicações para os processos inerentes às suas estruturas, num dinamismo para além das conexões com fins determinados em si mesmos.

Para Gagliardi (1986), um conceito estruturante é aquele cuja construção transforma o sistema cognitivo, permite a aquisição de novos conhecimentos, a (re) organização de dados e a transformação dos conhecimentos anteriores dos estudantes. Gagliardi exemplifica o sistema de transporte que conecta todo o organismo em que conceitos como sangue, artérias, veias etc. facilitam a compreensão de outros conceitos. Para esse autor, é preciso selecionar as atividades que podem contribuir para a formação de conceitos estruturantes com as quais os estudantes desenvolvem suas próprias capacidades.

A seleção de atividades de ensino na área das biológicas pode ser pensada a partir dos conceitos estruturantes dispostos em rede ou

⁶ Considera diferentes visões de ciência para um mesmo objeto/evento cognoscitivo como adequado modelo para um currículo de ciência escolar. Traz-se a objetividade, a subjetividade e a visão consensual, com ênfase para o reconhecimento da individualidade e da criatividade dos primeiros estágios da atividade científica e para a reafirmação da natureza objetiva do método científico e do conhecimento científico, em oposição à visão impessoal e clínica da ciência, popularmente aceita

por muitos estudantes, a qual pode estar associada à concepção de que a verdade é como você a vê (HODSON, 1982).

⁷ O sistema biológico considera as características micro e macroscópicas do organismo na sua interação com o meio. Assim, o organismo é tomado como nível focal (central), o ambiente externo como nível superior (fatores do meio externo de ordem ecológico-evolutiva) e o ambiente interno como nível inferior (elementos tissulares, celulares e moleculares) (EL-HANI; CASTRO, 2004).

esquema sistêmico. A rede conceitual definida pelo tipo de conexão (propriedade) estabelecida entre seus elementos que fazem parte da formação do conceito. Numa rede conceitual, o significado de cada elemento é resultante do jogo de interações mútuas entre todos os elementos envolvidos. O aumento do significado com o ensino dentro de uma rede conceitual ocorre à medida que o estudante aprende características novas sobre o objeto/evento biológico (HOFSTADTER, 1982; GAGLIARDI, 1986; EL-HANI; NETO; CARVALHO, 2020).

Uma abordagem para o ensino que se inclui num sistema hierárquico contribui para que o estudante compreenda o mundo vivo de forma integrada. Nessa linha, o nosso trabalho envolve a formação de conceitos derivados a partir dos estruturais⁸ dentro de um sistema conceitual em que um conceito pode servir de base para o desenvolvimento do outro, conforme esclarece Castro et al. (2016):

O ensino dentro de um sistema conceitual na universidade pode ser direcionado do conceito geral (central) para o específico (derivado) e vice-versa, tendo em vista que nem sempre é possível direcioná-lo por meio conceito central, mas buscando referência nele em seus aspectos estruturais e funcionais. Estes precisam estar ancorados no dia a dia mediante derivação conceitual, ou seja, podemos proporcionar explicações aos alunos acerca dos conceitos de ser vivo (central) que contribua para a compreensão do conceito de célula (derivado), sendo este também usado para auxiliar no domínio conceitual deles sobre ser vivo (CASTRO et al., 2016, p. 320).

Com base em Gagliardi (1988), admitimos que o ensino desses conceitos aumenta a capacidade de aprendizagem dos estudantes, e, simultaneamente, desenvolve uma nova capacidade para observar o mundo. Acrescenta-se que amplia também a capacidade de se relacionar e desenvolver ações no ambiente em que vivem os acadêmicos.

Este trabalho tem como objetivo apresentar e discutir os conteúdos de Biologia Celular

assimilado pelos estudantes após a realização de aulas teórico-práticas investigativas a partir de conceitos estruturantes com vistas a produzir implicações para o ensino na área.

METODOLOGIA

Este trabalho é resultante de dois cursos de extensão sobre Biologia Celular prática e teórica, realizadas na UNEB em 2018-2019, ambos com carga horária de 40h. Envolveu uma turma com 26 estudantes dos cursos de Engenharia de Pesca ingressantes em 2015.1, sem contato com microscópio no Ensino Básico, como parte do projeto de pesquisa (Conhecimento Biológico no Ensino Superior), inscrito no Conselho de Ética em Pesquisa (CEP) com CAAE nº 43898815.1.0000.5031, aprovado pelo Parecer nº 1.041.248 em 24 de abril de 2015.

Usamos, para este trabalho, a pesquisa qualitativa vinculada à observação estruturada participante. A pesquisa qualitativa permite a determinação de propriedades gerais e específicas de objetos/eventos, a sua interpretação, explicação e análise dos seus impactos em sala de aula (BOGDAN; BIKLEN, 1994). A observação estruturada é realizada em condições controladas para responder a propósitos que foram anteriormente definidos. A observação participante consiste na participação real do pesquisador com a comunidade ou grupo (ALVEZ-MAZZOTI; GEWANDSZNAJDER, 1999).

Trata-se de uma experiência que consiste em um conjunto de 16 atividades teórico-práticas que obedeceram ao foco central célula-ser vivo a partir de duas etapas efetuadas: a primeira envolveu a execução das atividades práticas – a maioria com a realização de trabalho de campo/laboratório (9) e laboratório (7); a segunda inclui uma discussão sobre uma base teórica dos respectivos conteúdos práticos. A coleta de dados para ambas as etapas foi realizada com auxílio de celular digital (fotos e gravação em áudio/vídeo) e nota de campo. Os registros foram transcritos e validados pelos

⁸ Abordagem própria em que o conceito central = estrutural; o derivado = estrutural e/ou funcional (vice-versa), elaborada a partir de Shaefer (1979) e Bunge (2010). Os conceitos estruturais equivalem aos

estruturantes (GAGLIARDI, 1986; CARVALHO, I. 2016; EL-HANI; NETO; CARVALHO, 2011; 2014; 2020).

participantes a partir da organização de Grupos de Trabalho (GT).

Os GTs⁹ foram organizados da seguinte forma: seis trios e dois quartetos de estudantes foram responsáveis pela leitura e/ou complementação de duas atividades teórico-práticas (realização de aulas teórico-práticas novas e/ou repetição) para os temas a seguir, os quais fizeram parte do curso de extensão 1 realizado para esse mesmo grupo de estudantes: 1) Fitoplâncton; 2) Zooplâncton; 3) Paramecio; 4) Planária; 5) Os Organismos e as Células; 6) Bolor de Pão (fungos); 7) Ovócitos de Peixes (piranha e caboge); 8) Bactérias Ácido-lácteas-BAL (Iogurte); 9) Células da cebola/crescimento; 10) Mucosa Bucal; 11) Sistema ABO-Rh (RhD); 12) Extração de DNA; 13) Respiração Vegetal (Lírio); 14) Respiração animal (camarão); 15) Osmose Vegetal (abóbora); e 16) Osmose animal.

O desenvolvimento e a discussão para cada atividade teórico-prática tiveram como base uma mesma questão geradora geral ou primária, a partir da qual apresentamos as questões estruturais e funcionais secundárias ou subsidiárias para cada aula. Trata-se de questões que tendem a instigar os estudantes a desenvolver as tarefas propostas, bem como a compreender e a refletir sobre os resultados obtidos no estudo. São questões reflexivas do tipo imediata (causal) e mediata (explicativa), organizadas em espiral, ambas amparadas no método dedutivo-indutivo de investigação, apoiadas em teorias e hipóteses que se relacionam ao tema da atividade teórico-prática (CASTRO, 2014; CASTRO et al. 2016ab).

As questões/hipóteses poderão ter uma sequência alternada em espiral. A espiral (curta) pode ser formada por uma questão estrutural e uma funcional, duas estruturais e uma funcional (vice-versa) ou outros arranjos que denotem uma espiral mais longa, de modo a atender a organização de conteúdos voltados para o objetivo principal do trabalho.

As perguntas imediatas têm a sua escrita inicial com pronomes (qual, que, em que, quando, onde e aonde) e envolvem conteúdos estruturais ou centrais, enquanto as meditas

iniciam por pronomes (como e por que) e envolvem conceitos estruturais e funcionais derivados. As primeiras permitem a exploração de propriedades externas e mais gerais do “objeto”/evento biológico, enquanto as últimas possibilitam a exploração de propriedades internas e mais específicas acerca do “objeto”/evento biológico (TRIVIÑOS, 1987; CASTRO, 2014).

O trabalho conta com a elaboração de respostas para as questões, tendo em vista três etapas a partir da questão geradora geral (quais as principais estruturas e funções das células/seres vivos estudados?) como derivação: no início, durante e a partir do estudo. O nosso estudo foi centrado nas duas primeiras etapas; para a última etapa, novas questões ficaram em aberto (sem respostas) para fins da continuidade do trabalho na área.

Cada GT, sob orientação docente, elaborou um relatório acerca de seu tema de estudo com sequencial apresentação em sala de aula para ambos os cursos. Esses relatórios foram revisados e ampliados após as apresentações e discussões em sala de aula. Para tratamento dos dados, usou-se a categorização proposta por Andrade (2005) que sugere uma codificação ou transformação dos dados em símbolos, a fim de facilitar a contagem dos resultados obtidos durante a pesquisa. Os conceitos biológicos foram identificados, classificados em estruturais e funcionais e analisados a partir dos referenciais da área.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

O ensino investigativo ministrado surge como uma das alternativas à *práxis* educativa convencionalmente adotada em cursos de graduação, seja teórico, prático ou teórico-prático. A derivação conceitual, a partir de conceitos estruturais e funcionais, é uma ferramenta útil como parte da abordagem investigativa para o ensino, uma vez que possibilita tornar o trabalho do professor mais dinâmico e interativo com o estudante. Para avaliar a interferência da nossa proposta de ensino integrada na (re) elaboração de novos

⁹ Apresentamos na introdução do curso o histórico acerca da microscopia e sua relação com o desenvolvimento da Teoria Celular,

seguindo-se com a orientação acerca da complementação de estudos para os alunos mediante uso do método científico.

conhecimentos, distribuímos as atividades teórico-práticas em quatro eixos/blocos de conhecimentos com as atividades distribuídas da seguinte forma:

- 1) Organismos Aquáticos Planctônicos: (1) Fitoplâncton, (2) Zooplâncton, (3) Paramecio e (4) Planaria;
- 2) Estruturas Celulares de Organismos: Dimensões Micro e Macroscópicas: (5) Os Organismos e as Células, (6) Bolor de Pão (Fungos), (7) Ovócitos de Peixes (8) e Bactérias Ácido-Lácteas- BAL (lactobacilos);
- 3) Estruturas Celulares de Organismos: Dimensão Microscópica: (9) Células da Cebola (10), Mucosa Bucal, (11) Sistema ABO/ Rh (RhD) e (12) Extração de DNA;

- 4) Estruturas e Processos Metabólicos: (13) Respiração Vegetal, (14) Respiração Animal, (15) Osmose Vegetal e (16) Osmose Animal.

Acreditamos que a similaridade entre os grupos de células/organismos estudados tende a evidenciar de uma forma geral quantos e quais conceitos da Biologia da célula/organismo podem se integrar melhor, e, conseqüentemente, fortalecer o aprendizado do estudante. Tais características podem ser observadas numa atividade teórico-prática, em específico, quando esta envolve vários gêneros/espécies, dentro de um eixo/bloco de conhecimento ou, no geral, entre todos os eixos/blocos (Quadro 1).

Quadro 1 – Panorama dos conceitos científicos formados mediante ensino por investigação

Atividade Teórico-Prática	Conceitos Estruturais (CE)	Conceitos Funcionais (CF)
1. Fitoplâncton (Chlorophyta: <i>Pediastrum</i> sp.; <i>Chlorococcum</i> sp; <i>Staurastrum</i> sp; <i>Closterium</i> sp; <i>Euastrum</i> sp; <i>Micrasterias</i> sp; <i>Spirogyra</i> sp. Bacillariophyta: <i>Melosira</i> sp.)	24	27
2. Zooplâncton (Protozoários: <i>Amoeba radiosa</i> , <i>Arcela</i> sp.; Rotíferos: <i>Keratella cochelaris</i> , <i>Lecane luna</i> , <i>Rotaria</i> sp. <i>Filinia terminalis</i> e <i>Platyias quadricornis</i> ; Copepodas (<i>Microcyclops</i> sp.) e <i>Cladocera*</i> (<i>Daphnia</i> sp. e <i>Moina</i> sp.).	73	54
3. Paramecium sp	12	11
4. Planária (<i>Dugesia</i> Sp)	10	14
5. Os organismos e a célula: Alvéolo da laranja (<i>Citrus</i> sp.), Fibra de algodão (<i>Gossypium hirsutum</i> L.), Óvulo da banana (<i>Musa spp.</i>), Fio de cabelo (<i>Homo sapiens</i>), Grão de pólen (<i>Impatiens balsamina</i> L.), Óvulo vegetal (<i>Impatiens balsamina</i> L), Rotífero (<i>Keratella cochelaris</i>) e <i>Cladocera*</i> (<i>Daphnia</i> sp.)	87	59
6. Bolor de pão (<i>Rhizopus stolonifer</i>)	11	11
7. Ovócitos de peixes (<i>Pygocentrus Nattereri</i> / <i>Parauchenipteru gelautos</i>)	21	23
8. Bactérias Ácido-Lácteas do Iogurte <i>Streptococcus thermophilus</i> - <i>Lactobacillus bulgaricus</i>	08	19
9. Células da cebola/ crescimento (<i>Allium cepa</i> L.)	29	21
10. Mucosa bucal (<i>Homo sapiens sapiens</i>)	11	11
11. Sistema Sanguíneo ABO/RhD (<i>Homo sapiens sapiens</i>)	33	48
12. Extração de DNA (<i>Homo Sapiens</i> - <i>Musa spp.</i>)	31	17
13. Respiração Vegetal (<i>Lillium</i> sp.)	25	19
14. Respiração animal- <i>Macrobrachium jelskii</i> (Miers, 1877).	32	41
15. Osmose Vegetal (<i>Curcubita</i> sp.)	30	26
16. Osmose animal (<i>Homo</i>)	37	47

<i>Sapiens sapiens</i>)		
Total (%)	504 (47,90%)	448 (52,10%)

* Cladocera fez parte das atividades teórico-práticas 2 e 5 com CE (11- 8) e CF (9- 10), respectivamente.

Fonte: elaborado pelos autores (2020).

O trabalho realizado por Castro et al. (2016a) mostrou que 42,559 % dos estudantes ingressantes no curso de Engenharia de Pesca da UNEB – *Campus XXIV* não apresentou conhecimentos prévios sobre Biologia Celular; 44,808% com conceitos espontâneos e 12,866% científicos. Os autores assinalam que houve um equilíbrio entre os conceitos estruturais e funcionais para os conceitos informados (57,441%), com uma tendência maior para os últimos como parte dos conceitos espontâneos e menor para os primeiros na relação com os termos científicos. Castro et al. (2016b) relatam que esses estudantes, em geral, apresentam um conhecimento científico limitado, tanto para os conceitos biológicos centrais quanto para os derivados por conta da dificuldade de compreensão deles com relação aos assuntos de seres vivos/célula. Os nossos resultados avançam em relação aos conhecimentos prévios apresentados pelos estudantes, antes de participarem das aulas teórico-práticas investigativas por duas razões básicas: 1) além da ausência de conhecimentos prévios sobre Biologia Celular, a maioria dos conceitos espontâneos foi identificada isoladamente antes da nossa intervenção de ensino; 2) após a nossa intervenção, houve a formação de conceitos estruturais (504) e

funcionais (448) científicos associados para os 26 cursistas (100%), conforme o Quadro 1.

Evidenciamos que, para a maioria das atividades teórico-práticas, houve um equilíbrio entre os conceitos estruturais e funcionais. Em geral, podemos admitir que o ensino investigativo proposto auxiliou os estudantes a construir formas de pensamento descritivas e explicativas que fazem parte do processo sistêmico de formação de conceitos (VYGOTSKY, 1991; 2010). Além disso, gerou possibilidades para aquisição de mais conhecimentos na área, com a apresentação de novos questionamentos para os assuntos abordados, os quais podem ser usados para a continuidade do trabalho. Contudo, para as atividades 2 (zooplâncton), 5 (os organismos e a célula) e 12 (extração de DNA), a diferença numérica entre os conceitos estruturais (73-87-31) e funcionais (54-59-17) foi mais expressiva, enquanto para as aulas 8 (Bactérias Ácido-Lácteas do Iogurte) e 11 (Sistema Sanguíneo ABO/RhD), os conceitos funcionais (19-48) foram predominantes em relação aos estruturais (08-33). A seguir, apresentamos alguns exemplos para os referidos conceitos (Tabela 1).

Tabela 1 – Alguns exemplos de Conceitos Estruturais (CE) e Conceitos Funcionais (CF)

Organismo-célula	Zooplâncton <i>Amoeba radiosa</i> (Ehr 1830) *	Bactérias Ácido-lácticas (BAL) <i>L. delbrueckii bulgaricus</i> *
	CE- Até 40 µm de diâmetro. Presença de pseudópodes. O corpo ovalado em forma de estrela. Pseudópodos (de 3 a 10) esbeltos e radiais (rígidos e retos ou curvos e afunilados). CF- Água doce. Vida livre.	CE- Procarionte. Peptoglicano na parede celular. Gram+. Bastões emparelhados. Tamanho: 1,5-6,0 x 0,6-0,9 µm. CF- Movimento. Prebióticos. Reação não catalizadora. Proteolíticas. Metabolismo homolático e heterolático. Protosimbiose. Produz ácido láctico e peróxido de hidrogênio, lactase, glicose e galactose. Intolerância a lactose AA.

Fonte: elaborada pelos autores (2020).

* 1 das 11 atividades realizadas sobre o zooplâncton; 1 das 2 sobre Bactérias Ácido-lácticas (BAL).

A diferença numérica entre CE e CF é identificada na atividade como um todo ou então em uma das suas partes constituintes, como exemplificado acima. Acreditamos que a predominância dos conceitos estruturais em relação aos funcionais pode ser explicada em função de se tratar de assuntos que implicam uma menor vivência (ou quase ausência) e/ou importância no dia a dia, como explicitado na atividade com a *Amoeba radiosa* (Ehr 1830), óvulo da banana (*Musa spp.*) e Extração de DNA-*H sapiens sapiens* (homem)/*Musa spp.* (banana), em que formaram conceitos estruturais (4, 14 e 30) e funcionais (2, 6 e 17), respectivamente. Assim, observamos que a atenção deles no desenvolvimento do trabalho foi mais voltada para o domínio de conceitos novos imbrincados à estrutura da célula-organismo em estudo, ou para aqueles que assimilam os conteúdos de forma insuficiente no Ensino Médio. Para os conteúdos bactérias (aula 8) e sistema sanguíneo (aula 11), apesar das limitações de aprendizagem trazidas do Ensino Médio, percebemos uma maior interação dos estudantes com os aspectos funcionais dos conteúdos, por envolver um maior número de questões do seu dia a dia, em relação às aulas 2 e 5 e 12. Para o *L. delbrueckii bulgaricus* e o sistema sanguíneo humano, os estudantes elaboram conceitos estruturais (4-33) e funcionais (13-38), respectivamente.

Argumentamos que as questões funcionais tendem a favorecer mais a (re) elaboração de conceitos estruturais do que as estruturais para (re) elaboração dos conceitos funcionais. Assim, pode-se elevar o significado que os estudantes têm para os vocábulos biológicos memorizados isoladamente e/ou para percepção unilateral para os “objetos”/eventos biológicos. Contudo, ressaltamos que é no ensino dos conceitos estruturais que se encontra a sustentação para as áreas específicas do conhecimento, para a articulação interna entre os seus termos constituintes, e, por conseguinte, para o processo de derivação conceitual para a formação de outros conceitos igualmente importantes, a incluir os não estruturais (GAGLIARDI, 1986; CARVALHO, I. 2016;

EL-HANI; NETO; CARVALHO, 2011; 2014; 2020).

Assinalamos que um conceito estrutural, ao ser ensinado, pode derivar outros conceitos estruturais e funcionais em rede, sendo que estes, em conjunto, favorecem a formação de novos conceitos, a depender das necessidades de aprendizagem emergidas no processo de ensino investigativo. Nessa perspectiva, verificamos que o estudante, ao responder as questões funcionais, tem facilitado o domínio inicial sobre os conceitos estruturais; contudo, a edificação destes depende da força da teorização do conceito estrutural, o qual tende a aparecer em mais de uma vez numa estruturação teórica, a partir do significado que teoria oferece para ele (BUNGI, 2000).

O corpo oval da *Amoeba radiosa* (Ehr 1830) e o número de seus pseudópodes estão vinculados ao ambiente e ao hábito de vida da espécie que inclui o movimento/deslocamento e a alimentação do protozoário, entre outras (aula 2). Esses elementos estruturais também são usados para fins de classificação da espécie. Mas, para compreender melhor como funcionam esses vínculos, é necessário ter em conta o domínio do termo protozoário, da composição dos pseudópodes e do citosol (sol e gel), transporte de substâncias, enzimas, da bomba de H⁺ etc., os quais não foram explorados como parte do conjunto de atividades.

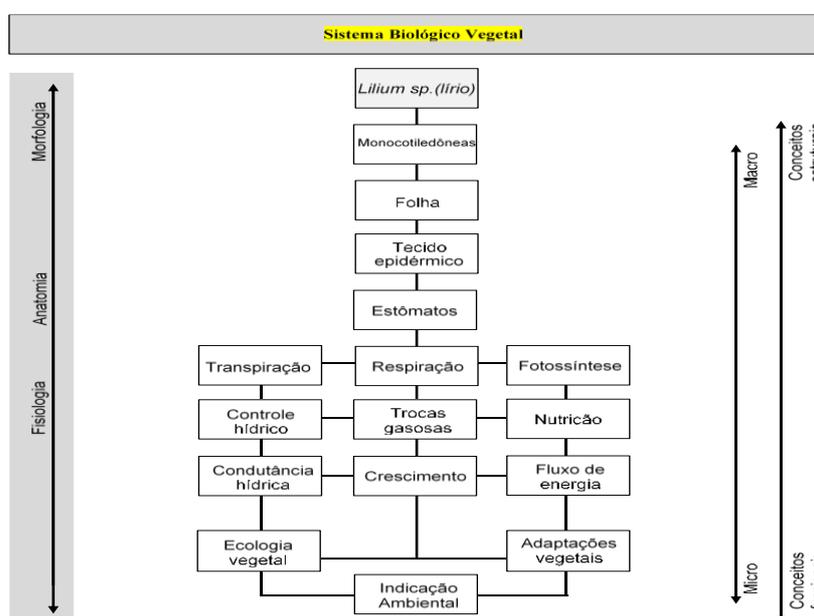
Além da questão da falta de vivência anterior dos estudantes com esses seres vivos, o grande contingente de organismos observados dificultou a caracterização mais específica para um único ou poucos indivíduos, o que é fundamental para a edificação recíproca dos conceitos estruturais e funcionais. Esse mesmo ponto de vista pode ser considerado para as aulas 5 e 12. Assim, acreditamos que o ensino de um conceito estrutural para qualquer atividade teórico-prática mencionada (Quadro 1) associada ao seu correspondente funcional suscita não apenas o desenvolvimento deste, mas também de qualquer outro a este relacionado (CASTRO et al., 2016a). Contudo é válido considerar que um conceito estrutural pode estar associado a mais de um conceito funcional, enquanto o contrário tende a ser uma

relação mais difícil, embora factível numa rede conceitual.

Para atividades teóricas-práticas individuais sobre a célula/organismo, a exemplo do lírio (*Lilium* sp.), a articulação entre os conceitos estruturais (25) e funcionais (19) foi mais rica, ainda que houvesse uma pequena diferença numérica. Os estudantes conseguiram conectar os aspectos das propriedades gerais e específicas nos âmbitos macro, micro, interno e externo ao organismo (ambiente) a partir dos estômatos (Figura 1). Para Shaefer (1979) e Castro (2014), há uma

tendência na ampliação dos conceitos sistêmicos sobre vegetais com aumento da escolaridade devido à vivência mais próxima e constante do estudante com esses organismos desde tenra idade. A abordagem sistêmica/integrada para o ensino de temas biológicos, em que se destaca o organismo como elemento central e na qual seus elementos internos interagem entre si e com o meio, eleva a possibilidade do aprendizado do estudante (EL-HANI; CASTRO, 2004).

Figura 1 – Esquema Conceitual Sistêmico



Fonte: elaborada pelos autores (2020).

O padrão menos diverso de componentes morfológicos e anatômicos que compunha o organismo vegetal (em relação ao animal) favorece a sua observação macro e microscópica com apoio da literatura. A presença da parede celular e dos cloroplastos nas suas células, entre outros componentes, determina a estrutura e funcionalidade comum entre os vegetais, como por exemplo a manutenção da forma, o crescimento, a produção de alimentos, etc. (JUNQUEIRA; CARNEIRO, 2015). Além disso, a relação (fixa) do indivíduo com o ambiente parece representar uma condição mais concreta para o aprendizado do estudante. Para animais e/ou

outros organismos heterotróficos de pouco ou ausente contato no dia a dia (a não ser com auxílio do microscópio), o reconhecimento e a articulação entre os aspectos estruturais e funcionais tendem a ser mais limitantes, ainda que os livros didáticos tragam mais informações sobre animais do que vegetais, principalmente no nível celular (CASTRO, 2014).

O nível de articulação dos conceitos é proporcional ao interesse do estudante pelo tema estudado e ao seu desempenho no ciclo investigativo quanto à repetição de coletas de material e do experimento, ao foco nas questões principais, à apresentação e novos

questionamentos, à realização das tarefas e discussão em grupo, entre outros aspectos não menos importantes do ciclo investigativo. Nesse sentido, o docente mediador aparece em cena duas vezes no processo de ensino: uma para o conteúdo e outra quanto à forma ou método da ciência; ou seja, possibilita o aprendizado do estudante para o conteúdo e para os meios como estes são produzidos (SFORNI, 2004).

CONCLUSÕES

Evidenciamos que atividades teóricas-práticas contribuíram sobremaneira para elaboração de conceitos científicos pelos estudantes de Engenharia de Pesca a partir de conceitos estruturantes em relação àqueles apresentados no período de ingresso na universidade. Assim, o trabalho investigativo realizado a partir da descrição e explicação sobre as propriedades dos “objetos”/eventos biológicos, em seus aspectos externos (morfológicos) e internos (anatômicos e fisiológicos), micro e macroscópicos, uni e pluricelulares, na sua interação com o ambiente, para cada aula, tende a elevar o nível de articulação e generalização para os conceitos (re) elaborados.

O equilíbrio entre conceitos estruturais e funcionais derivados do ensino por investigação evidencia que os processos relativos à formação de conceitos podem estar imbricados numa mesma base cognitiva dos estudantes de Engenharia de Pesca; as pequenas diferenças entre o quantitativo de conceitos estruturais e funcionais para algumas atividades tendem a ser associadas ao não acesso ao conhecimento historicamente produzido pelos acadêmicos, mas também ao nível de complexidade e/ou escassez dos conteúdos disponibilizados, à vivência no dia a dia e sua importância social.

Enfatizamos que o nosso ensino por investigação dentro de um sistema conceitual parece contribuir para ampliar tal condição por possibilitar a vivência do aluno repetidas vezes no processo de produção do seu conhecimento e elevar aquisição de conhecimento integral

sobre o ser vivo. Além disso, ao se identificar as propriedades peculiares de uma célula/organismo, auxilia no reconhecimento dos indivíduos em nível de gênero e espécie, bem como amplia a compreensão sobre a sua importância nos sistemas vivos.

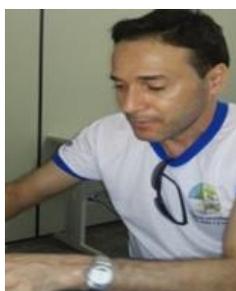
REFERÊNCIAS

- ALVEZ-MAZZOTTI, A. J. GEWANDSZNAJDER, F. **O método nas ciências naturais e sociais: pesquisa quantitativa e qualitativa**. 2 ed. São Paulo: Pioneira, 1999.
- ANDRADE, M. M. Pesquisa de campo. In: **Introdução à metodologia do trabalho científico**. São Paulo: Editora Atlas, 2005.
- AZEVEDO, M. C. P. S. Ensino por investigação: problematizando as atividades em sala de aula. In: CARVALHO, A. M. P. (Org.). **Ensino de Ciências Unindo a Pesquisa e a Prática**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004.
- BOGDAN, R. C.; BIKLEN, S. K. **A Investigação Qualitativa em Educação: uma introdução à teoria e aos métodos**. Portugal: Porto Editora, 1994.
- BRASIL. Ministério da Educação e do Desporto. **Lei n. 9.394, de 20 de dezembro de 1996**. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. Brasília, DF, 1996. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seed/arquivos/pdf/tvescola/leis/lein9394.pdf>>. Acesso em: 7 mar. 2019.
- BRASIL. Ministério da Educação e do Desporto. **Resolução CNE/CES nº 5, de 2 de fevereiro de 2006**. Estabelece as diretrizes Curriculares para o curso de graduação em Engenharia de Pesca. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/rces05_06.pdf. Acesso em: 7 mar. 2019.
- CARRASCOSA, J.; GIL PÉREZ, D.; VILCHES, A. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, 23, 157, 2006.

- CARVALHO, A. M. P. **Ensino de Ciências: unindo a pesquisa e a prática.** São Paulo: Pioneira Thompson, 2000.
- CARVALHO, A. M. P.; GIL-PÉREZ, D. **Formação de professores de ciências.** São Paulo: Cortez, 2000.
- CARVALHO, A. M. P. de. O ensino de Ciências e a proposição de sequências didáticas investigativas. In: _____. (Org.) **Ensino de Ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula.** São Paulo: Cengage Learning, 2013.
- CARVALHO, I. N. **Uma proposta de Critérios para Selecionar Conteúdos Conceituais para o Ensino Médio de Biologia.** 2016. 73 f. Dissertação (Mestrado em Ensino, Filosofia e História das Ciências) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, BA, 2016.
- CASTRO, D. R. et al. As concepções sobre Ser Vivo/Célula dos Estudantes do 3º semestre do Curso de Engenharia de Pesca do Campus XXIV - Xique-Xique-BA. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, v. 9, n. 1, p. 301-325, jan./abr, 2016a.
- CASTRO, D. R. et al. Os conhecimentos prévios sobre ser vivo/célula dos estudantes ingressos no curso de engenharia de pesca. **Revista Ensaio**, Belo Horizonte, v. 18, n. 3, p. 73-96, set./dez. 2016b.
- CASTRO, D. R. **Estudo de Conceitos de Estrutura e Funcionalidade de Seres Vivos no Ensino Fundamental I.** 2014. Tese (Doutorado em Ensino, Filosofia e História das Ciências, na área de concentração em Educação Científica e Formação de Professores) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2014.
- CRAWFORD, B. A.; CAPPS, D. K. Teacher cognition of engaging children in scientific practices. In: DORI, J.; MEVARECH, Z.; BAKER, D. (Ed.) **Cognition, metacognition, and culture in STEM Education.** New York: Springer, 2018.
- EL-HANI, C. N; CARVALHO, I. N. How Should We Select Conceptual Content for Biology High School Curricula? **Science & Education**, 2020.
- EL-HANI, C. N; NETO, N. F. N; CARVALHO, I. N. Como selecionar conteúdos de biologia para o ensino médio? **Revista de Educação. Ciências e Matemática**, v. 1, n. 1, p. 67-100, 2011.
- EL-HANI, C. N; NETO, N. F. N; CARVALHO, I. N. Padrões, processos e componentes sistêmicos no ensino médio de Biologia. **Atas do IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (IX ENPEC).** Águas de Lindóia: Associação Brasileira de Pesquisa em Educação Ciências, 2014. Disponível em <http://www.nutes.ufjf.br/abrapec/ixenpec/atas/resumos/R1408-1.pdf> Acesso em: 26 jun. 2020.
- EL-HANI, C. N; CASTRO, T. A. O uso do conceito de propriedades emergentes e de conceitos relacionados em livros didáticos de biologia do Ensino Superior. **Atas do IV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, Porto Alegre, 2004. [Salvador, BA].
- EL-HANI, C. N. Uma ciência da organização viva: Organicismo, emergentíssimo e ensino de Biologia. In: SILVA FILHO, W. J. **Epistemologia e Ensino de Ciências**, São Paulo: DP&^a, 2002.
- FERREIRA, M. S.; VILELA, M. L.; SELLES, S. E. Formação Docente em Ciências Biológicas: estabelecendo relações entre a prática de ensino e o contexto escolar. In: SELLES, S.E.; FERREIRA, M. S. (Orgs.). **Formação Docente em Ciências: memórias e práticas.** Niterói: Eduff, 2003.
- GAGLIARDI, R. **Cómo utilizar la Historia de las Ciencias en la Enseñanza de las Ciencias.** Universidad de Ginebra, 1988.
- GAGLIARDI, R. Los conceptos estructurales en el aprendizaje por investigacion. Investigacion y experiencias didacticas. **Enseranza de las ciencias**, [s. l.], v. 4, n. 1, p. 30-35, 1986.
- HODSON, D “Existe um método científico?”, traduzido e adaptado de “Is there a scientific method?”. **Education in Chemistry**, [s. l.], v. 19, p. 112-116, 1982.
- HODSON, D. Learning science, learning about science, doing science: different goals demand

- different learning methods. **Journal of Science Education**, v.36, n. 15, p. 2534-2553, 2014.
- HOFSTADTER, D. R. Can inspiration be mechanized? **Scientific American**, setembro, 1982.
- JUNQUEIRA C. L.; CARNEIRO, J. **Biologia celular e molecular**. Editora Guanabara, 2015.
- KANG, J.; KEINONEN, T. The Effect of Student-Centered Approaches on Students' Interest and Achievement in Science: Relevant Topic-Based, Open and Guided Inquiry-Based, and Discussion-Based Approaches. **Research in Science Education**, v. 48, n. 4, 2018.
- KRASILCHIK, M. Prática do ensino de biologia. 6ª ed. São Paulo: EDUSP, 2008.
- MELVILLE, W. et al. Experience and reflection preservice science teachers' capacity for teaching inquiry. **Journal of Science Teacher Education**, v. 19, n. 5, p. 477-494, 2008.
- PEDASTE, M. et al. Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle. **Educational Research Review**, v. 14, p. 47-61, 2015.
- SASSERON, L. H. Alfabetização científica, ensino por Investigação e Argumentação: relações entre Ciências da Natureza e Escola. **Ensaio**
- Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 17, n. especial, 2015.
- SCARPA, D. L.; SILVA, M. B. A Biologia e o ensino de Ciências por investigação: dificuldades e possibilidades. In: CARVALHO, A. M. P. de. (Org.) **Ensino de Ciências por Investigação**: condições para implementação em sala de aula. São Paulo: Cengage Learning, 2013.
- SCARPA, D. L.; CAMPOS, N. F. Potencialidades do ensino de biologia por investigação. **Revista Estudos Avançados**, 32 (94), 2018.
- SFORNI, M. S. F. **Aprendizagem conceitual e organização do ensino**: contribuições da teoria da atividade. Araraquara: Junqueira & Marin, 2004.
- TRIVIÑOS, A. N. S. **Introdução à pesquisa em ciências sociais**: a pesquisa qualitativa em educação. São Paulo: Atlas, 1987.
- VYGOTSKY, L. S. **Pensamento e linguagem**. São Paulo: Martins Fontes, 1991.
- VYGOTSKY, L. S. **A Construção do Pensamento e da Linguagem**. 2. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2010.

DADOS BIOGRÁFICOS DOS AUTORES



Darcy Ribeiro de Castro – Possui graduação em Ciências Físicas e Biológicas pela Universidade Católica do Salvador-UCSAL (1994). É especialista em Metodologia do Ensino Fundamental e Médio pela Universidade do Estado da Bahia (UNEB) (2000). É Mestre e Doutor em Ensino, Filosofia e História das Ciências pela Universidade Federal da Bahia (UFBA) (2010-2014) e Pós-Doutor nesta mesma área (2020). É Professor Adjunto-B da Universidade do Estado da Bahia (UNEB), atuando na Graduação e Pós-graduação. Está vinculado aos Colegiados dos Cursos de Engenharia de Pesca (EP), Engenharia Sanitária e Ambiental (ESA) e Pós-graduação em Educação Ambiental, Biodiversidade e Cultura Regional (EABCR)-UNEB, *Campus XXIV*, Xique-Xique-BA. Tem experiência na área de Biologia Geral, Meio Ambiente, Educação Ambiental e Ensino de Ciências e Biologia.



Charbel Niño El-Hani – É Professor Titular do Instituto de Biologia, UFBA, onde coordena o Laboratório de Ensino, Filosofia e História da Biologia (LEFHBio). Bacharel em Ciências Biológicas pela UFBA (1992), Mestre em Educação pela UFBA (1996) e Doutor em Educação pela USP (2000). Fez pós-doutorado no Centro de Filosofia da Natureza e Estudos da Ciência, da Universidade de Copenhague, Dinamarca em 2003-2004. Coordena o INCT em Estudos Interdisciplinares e Transdisciplinares em Ecologia e Evolução (IN-TREE), financiado pelo CNPq, pela CAPES e pela FAPESB, que reúne 240 pesquisadores de 31 instituições brasileiras e 35 instituições estrangeiras. Tem interesse em Pesquisa em Educação Científica, Filosofia da Biologia, Biologia Teórica (em especial, vinculada a Biologia Evolutiva, Ecologia, Conservação e Comportamento Animal) e História da Biologia.



Renata Carvalho Santana – Graduanda no curso de Bacharelado em Engenharia Sanitária e Ambiental na Universidade do Estado da Bahia (UNEB). Desenvolveu, no *Campus XXIV*, atividades de monitoria de extensão como bolsista e voluntária no Núcleo de Estudo e Pesquisa Ambiental (NEPEA). No âmbito da pesquisa, atuou como bolsista de Iniciação Científica (IC) do projeto Flora Aquática como Bioindicadora da Qualidade Ambiental da Ipueira, Xique-Xique, médio São Francisco, Bahia, Brasil. Em 2019 realizou estágio na Secretária Municipal de Meio Ambiente do Município de Urandi-BA e na Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável em Xique-Xique-BA. Atualmente, possui vínculo como bolsista de Iniciação Científica (IC) no projeto intitulado Contribuições das Aulas Práticas Específicas de Biologia Celular para a Formação do Engenheiro de Pesca.



Robert Caetano da Silva – Graduando em Engenharia Sanitária e Ambiental pela Universidade do Estado da Bahia (UNEB), DCHT *Campus XXIV*. Atuou no departamento como monitor em projetos de pesquisa e extensão nas áreas de: Geoprocessamento e Monitoramento Ambiental (2017), Tecnologia da Informação no Ensino de Matemática (2018) e Biologia (2018). No campo do ensino atuou como monitor nos componentes curriculares Cartografia e Geoprocessamento (2019) e Física I (2019-2020). Estagiou na Secretaria de Meio Ambiente Cultura e Turismo de Central-BA (2020). Atualmente desenvolve atividades como monitor voluntário no projeto Avaliação da efetividade de lagoas marginais no médio rio São Francisco na região de Xique-Xique (BA).