



# **TERRÁRIO COMO MODELO CIENTÍFICO INVESTIGATIVO NO ENSINO DE ECOLOGIA**

**ALINE OLIVEIRA FIGUEIREDO**

São Paulo (SP)  
2021

**ALINE OLIVEIRA FIGUEIREDO**

**TERRÁRIO COMO MODELO CIENTÍFICO  
INVESTIGATIVO NO ENSINO DE  
ECOLOGIA**

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo, como requisito para obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências e Matemática.

Orientador: ANDRÉ PERTICARRARI

São Paulo (SP)  
2021

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

**Catálogo na fonte**  
**Biblioteca Francisco Montojos - IFSP Campus São**  
**Paulo**Dados fornecidos pela autora

Figueiredo, Aline Oliveira  
Terrário como modelo científico investigativo  
no ensino de ecologia / Aline Oliveira  
Figueiredo, Aline Oliveira Figueiredo, Aline  
Oliveira Figueiredo. São Paulo: [s.n.], 2021.  
107 f.

Orientador: André Peticarrari

( ) - Instituto Federal de Educação, Ciência e  
Tecnologia de São Paulo, IFSP, 2021.

1. Ensino Investigativo. 2. Modelos. 3. Ensino  
de Ecologia. 4. Epistemologia da Ciência. I.  
Figueiredo, Aline II. Figueiredo, Aline III.  
Instituto Federal de Educação, Ciência e

ALINE OLIVEIRA FIGUEIREDO

TERRÁRIO COMO MODELO CIENTÍFICO INVESTIGATIVO NO ENSINO DE  
ECOLOGIA

Dissertação apresentada e aprovada em 10  
de Dezembro de 2021 como requisito  
parcial para obtenção do título de Mestre  
em Ensino de Ciências e Matemática.

A banca examinadora foi composta pelos seguintes membros:

Prof. Dr. André Peticarrari  
IFSP – *campus* São Paulo  
Orientador e Presidente da Banca

Prof. Dr. Pedro Miranda Júnior  
IFSP – *campus* São Paulo  
Membro da Banca

Prof. Dr. Maria Regina de Aquino-Silva  
Universidade do Vale do Paraíba - Univap  
Membro da Banca

## DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a uma das pessoas mais importantes desta vida: Marcel Fernando Villarta Neder *in memoriam*. Você foi para o outro plano sem ler uma única página deste trabalho; porém, tive teu apoio de diversas outras formas, principalmente ao me acalmar após a entrevista, para ingresso no mestrado pois eu achava que não tinha sido aprovada. Sempre acreditou na minha capacidade, também buscou-me diversas vezes na rodoviária, sempre levando algo para eu comer, pois achava que eu estava com fome e cansada da viagem, assim demonstrando teu carinho. Enfim, teu apoio foi imprescindível em toda a minha carreira acadêmica presencialmente até este ano. Espero que continue cuidando e me incentivando do lugar maravilhoso que você está.

Certamente, não seria quem sou sem a tua presença durante esses 20 anos juntos. Nada é por acaso, sua vida me transformou, bem como a tua partida. Cada pessoa que entra em nossas vidas tem algo a contribuir, e um dia sabermos exatamente qual é o nosso papel. Desta forma, entre brincadeiras e verdades, está é uma singela homenagem póstuma que presto a você. Que nosso amor “*seja eterno enquanto dure*”, frase que sabiamente sempre me escrevia e que levo na minha carne, torne-se verdadeira, *como deve ser!*

Além de a você, dedico também a todos os cientistas que utilizam a modelagem para testar hipóteses, em específico, aos profissionais que atuam contra o vírus da Covid-19, um trabalho que tem surtido efeito e reduzido o número de mortes. Aos profissionais da saúde, em especial, ao meu novo amigo Davi O. Paulauskas, que, por ironia do destino foi, quem cuidou de você como médico responsável pelo seu tratamento, cujas conversas acabei apagando da memória durante o plantão da UTI. A especialistas como o Davi que participou da linha de frente nesse terror biológico, e mas que teve um papel muito importante no acompanhamento dos pacientes internados e de seus familiares, como viúva de um paciente, só tenho a agradecer por toda a dedicação. Vale lembrar que tratamento médico também não deixa de ser um evento científico; então só cabe a mim agradecer e dedicar parte deste trabalho a todos os envolvidos no tratamento de pacientes e desenvolvimento de vacinas, dentre outros meios de prevenção e tratamento.

Que a Ciência continue sempre a criar condições para a melhoria da qualidade de vida de todos os seres vivos do nosso planeta.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço, primeiramente, ao Universo, por ter conspirado e me guiado até essa excelente instituição de ensino. Aos Mestres que fizeram parte da minha formação e aos colegas de turma, que, a quaisquer manifestações por socorro, estavam prontos para me auxiliar.

Ao meu cunhado Marco Antônio Villarta Neder, pelas inúmeras correções, orientações e conversas informais, que me ajudaram a compor meu projeto para seleção no mestrado e compor essa dissertação. Não existem palavras para expressar a minha gratidão por sua ajuda.

Ao meu querido orientador André Peticarrari, que me auxiliou e não me deixou desanimar durante o processo de elaboração desta dissertação.

À banca, por se dispor a participar desse momento de escuta, avaliação e contribuição a esta pesquisa.

A minha mãe Maria José e minha irmã Ana Lúcia, que estiveram comigo e me auxiliaram dentro de suas possibilidades.

Gratidão!

## EPÍGRAFE

"A menos que modifiquemos à nossa maneira de pensar, não seremos capazes de resolver os problemas causados pela forma como nos acostumamos a ver o mundo".

Albert Einstein

## RESUMO

As Ciências representam um conjunto de disciplinas que tem por característica a investigação, embora alguns fenômenos não possuam a capacidade de visualização, que acaba por necessitar da ajuda de algum recurso didático como o uso de modelos. O uso do modelo didático representa e até mesmo simula uma realidade, e no caso do terrário abre possibilidades para interferências que corroboram com o ensino investigativo. Este trabalho trata de uma pesquisa qualitativa descritiva, de cunho exploratório, cujo objetivo foi diagnosticar as percepções dos alunos sobre conceitos de ecologia durante o desenvolvimento de uma sequência de ensino com abordagem investigativa - SEI, utilizando um terrário como modelo didático científico, além de analisar a relação entre modelagem e epistemologia. A pesquisa foi realizada com alunos do 1º ano do curso Etim em Meio Ambiente, em uma Etec no município de Jacareí-SP. A SEI foi organizada em três etapas de ensino: a modelagem do terrário, a atividade de experimentação e observação dos resultados, e a conclusão. Durante a SEI, a turma foi organizada em quatro grupos, em que cada grupo recebeu um dos seguintes temas: efeito estufa, chuva ácida, fotossíntese e sucessão ecológica. As aulas foram gravadas e transcritas, e os alunos confeccionaram diários de bordo, gerando dados posteriormente categorizados e analisados de acordo com os pressupostos da análise de conteúdo de Bardin. Nas análises, percebeu-se que as etapas utilizadas pelos alunos fazem parte do “fazer ciência”, pois incluíram: identificação de problemas, discussões, criações, refutações de hipóteses, testagens e conclusões acerca do problema identificado. Essas etapas compõem tanto o processo de construção do conhecimento científico como a manifestação das inteligências múltiplas definidas por Gardner, tais como: a verbal linguística, durante a discussão e debate; a espacial, quando o aluno percebe o terrário como um ambiente reduzido; a interpessoal, a relação com os colegas; a corporal-cinestésica, quando o aluno percebe o aumento de temperatura sem uso do termômetro. De posse de todos os resultados e suas respectivas análises, percebeu-se que o terrário se comporta como um modelo analógico com abordagem semântica, possuindo semelhanças com um ecossistema, sendo denominado, por vezes, como um miniecosistema, além de permitir o processo de teorização. Como produto educacional, a partir dos dados coletados, foi desenvolvida uma sequência didática para apoio do professor no uso do terrário como modelo.

Palavras-chave: Ensino de ecologia, modelo e ensino investigativo.

## ABSTRACT

The Sciences represent a set of disciplines that have the characteristic of research, although some phenomena do not have the ability to visualize, which ends up needing the help of some didactic resource such as the use of didactic models. The use of the didactic model represents and even simulates a reality, and in the case of the terrarium it opens possibilities for interferences that corroborate investigative teaching. This work is a qualitative research, exploratory, descriptive, whose objective was to diagnose students' perceptions about ecology concepts during the development of a didactic sequence with an investigative approach, using a terrarium as a scientific didactic model, in addition to analyzing the relationship between modeling and epistemology. The research was carried out with students from the 1st year of the *Etim* (Technical education integrated to high school) course in Environment at an ETEC in the city of Jacaréí SP. This *SEI* (investigative teaching sequence) was separated into three teaching episodes, involving the modeling of the terrarium, experimentation activity and observation of the results and conclusion. During the *SEI*, the class was organized in four groups, in that each group received one of the following themes: greenhouse effect, acid rain, photosynthesis and ecological succession. The data were analyzed and categorized according to Bardin, which are: audio transcription of the classes and logbooks made by the students. In these analyzes, stages used by students who are part of "doing science" were perceived: problems, discussions, hypothesis creations and refutations, tests and conclusions about the analyzed problem. These stages comprise both the process of building scientific knowledge and the manifestation of multiple intelligences defined by Gardner, such as: verbal linguistics, during discussion and debate; the space one, when the student perceives the terrarium as a reduced environment; interpersonal, the relationship with colleagues and the corporal-kinesthetic one, when the student perceives the temperature increase without using the thermometer. With all the results and their respective analyzes, it is clear that the terrarium behaves like an analogous model with a semantic approach, having similarities with an ecosystem, being sometimes called a mini ecosystem, in addition to allowing the theorization process. As an educational product, a didactic sequence was developed from the collected data to support the teacher in using the terrarium as a model.

Keyword: Ecology teaching, models, investigative teaching

# SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
1.1 OBJETIVOS	12
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	14
2.1 EPISTEMOLOGIA DA CIÊNCIA	14
2.1.1 Epistemologia e Ensino de Ciências	18
2.2 ENSINO INVESTIGATIVO	23
2.3 MODELIZAÇÃO	28
2.3.1 Epistemologia da ciência dentro do contexto modelo	30
2.3.2 Tipos de modelo	32
2.3.3 Modelos no contexto educativo	35
2.4 TERRÁRIO E MODELO	38
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	42
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA	42
3.2 SUJEITO DE ESTUDO E AMBIENTE DE PESQUISA	44
3.3 COLETA DE DADOS	45
3.4 ANÁLISE DE DADOS	45
3.5 SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVA	47
3.6 INTELIGÊNCIAS MÚLTIPLAS	50
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	52
4.1 ETAPA 1 - MODELAGEM DO TERRÁRIO	54
4.2 ETAPA 2 – OBSERVAÇÃO PRELIMINAR E REALIZAÇÃO DA INTERFERÊNCIA	61
4.3 ETAPA 3 - OBSERVAÇÃO E CONCLUSÃO	75
CONSIDERAÇÕES FINAIS	92
REFERÊNCIAS	94
ANEXO	101

## 1 INTRODUÇÃO

Na história do fazer pedagógico no Brasil, tem predominado uma visão do processo de ensino e aprendizagem como mera transmissão de conhecimentos, concebendo o aluno como um ser meramente receptivo e o professor como detentor de todo o conhecimento. Ao longo dos anos, essa concepção foi sendo contraposta a outras concepções e outros modos de ensino e aprendizagem.

Atualmente, deparamo-nos com uma grande diversidade de metodologias de ensino, dentre as quais se pode destacar a centralização do aluno como atuante nesse processo, (re)significando assim o ato de educar, preparando-o para os desafios futuros que a nossa época requer.

Essas necessidades que as transformações sociais exigem são apontadas por Diesel (2017, p.269):

As transformações sociais, econômicas, políticas, culturais e tecnológicas das últimas décadas têm impactado de forma significativa a vida das pessoas, as relações estabelecidas entre elas, o mundo do trabalho e, por conseguinte, a escola. Esta última talvez seja a que mais tem sido “sacudida”, dada a solidez histórica de sua estrutura.

Desta forma, o ensino adquire um caráter formador de atitudes e habilidades necessárias para a atualidade, dentro do qual autonomia, responsabilidade e capacidade de resolver problemas agregam muito ao aluno, sendo a educação em si um processo não colocado em terceira pessoa, mas realizado na interação entre sujeitos históricos por meio de suas palavras, ações e reflexões.

Para se envolver ativamente no processo de aprendizagem, o aluno deve ler, escrever, perguntar, discutir ou estar ocupado em resolver problemas e desenvolver projetos. Além disso, o aluno deve realizar tarefas mentais de alto nível, como análise, síntese e avaliação (BARBOSA e MOURA, 2013).

De acordo com Barbosa e Moura (2013, p.54), o provérbio chinês dito por Confúcio “O que eu ouço, eu esqueço; o que eu vejo, eu lembro; o que eu faço, eu compreendo” é sabiamente relacionado com as metodologias para o ensino de ciências, principalmente a parte experimental, na qual os alunos são levados a praticar, a manipular, tornando real o conteúdo a que tiveram acesso somente por meio da oralidade ou da escrita.

Parte-se, portanto, dessa premissa de ação que pode ocorrer de maneiras variadas, tais como: leitura, pesquisa, comparação, observação, imaginação, obtenção e organização dos dados, elaboração e confirmação de hipóteses, classificação, interpretação, crítica, busca de suposições, construção de sínteses e aplicação de fatos e princípios a novas situações, planejamento de projetos e pesquisas, análise e tomadas de decisão. A partir disso, o aluno tem a liberdade de escolher qual caminho lhe é mais satisfatório.

Essa ressignificação do papel do aluno é, também, do professor. O papel do professor é ressignificado principalmente porque, como mediador, obriga-se a aprender quem é o aluno, como ele aprende e como dialogar com ele na linguagem e na maneira de existir do mundo em que ambos vivem. Assim, os papéis do professor e da escola passam a ser de colocar-se em situação de diálogo, contrapondo os saberes produzidos pelas gerações anteriores àquela em que o aluno está, ao mesmo tempo em que exerce uma escuta das necessidades e descobertas dessa nova geração.

Dentro do contexto de um Ensino Investigativo, que tem por objetivo propor uma reflexão sobre um determinado problema, os alunos são levados a uma imersão para que solucionem ou compreendam a problemática proposta, através do processo de investigação. Nesse caso, o aluno lança mão de diversas estratégias utilizando o conhecimento já adquirido em sala de aula, relacionando-o com o problema em voga. A solução alcançada decorre de uma aplicação “prática” e correlacionamento entre diversos temas estudados, levando a uma aprendizagem significativa.

Para Sasseron (2015) o Ensino por Investigação é uma mais que uma mera metodologia, por ser tido como uma *abordagem didática*, na qual “estratégias utilizadas servem ao propósito de possibilitar a realização de uma investigação pelos estudantes por meio da mediação do professor” (SCARPA e CAMPOS, 2018 p.30). Pode ser considerado *um meio para um devido fim*, nas aulas de Ciências como um todo, com um propósito em voga, necessitando que o professor direcione seus alunos a uma atividade investigativa verdadeira, buscando soluções para problemas diversos, reais, com potencialidade de aplicação e que façam sentido para os alunos. O Ensino Investigativo leva a compreensão da ciência.

Diversas são as estratégias disponíveis para se planejar uma sequência didática, dentre elas está o uso de modelos. Estes são exemplos de aplicações práticas e são utilizados no Ensino Investigativo. O modelo pode ser definido como:

representações que auxiliam a nossa compreensão e razão, mas não devem ser confundidas com a realidade dos objetos em si, da qual muitas vezes são meras simplificações e aproximações. Assim, compete ao professor e aos seus alunos terem presente a noção de modelo como uma representação idealizada da realidade, onde as explicações e previsões geradas são no máximo aproximativas e em certos casos, apenas especulativas (SILVA e CATELLI, 2019 p.2).

Os modelos possuem um papel importante na construção das teorias científicas, sendo usados pelos cientistas como recurso para a testagem de suas hipóteses, podendo elucidar Teorias ou Leis Científicas.

Embora a utilização da modelagem tenha sido iniciada com cientistas renomados, os modelos podem e devem participar da práxis pedagógica no Ensino das Ciências. Para tal, através da transposição didática, os modelos podem ser utilizados em sala de aula, como um recurso de ensino e aprendizagem, assim caracterizando-se como objeto modelo, ou modelo científico didático.

Partindo da premissa de que o papel do professor é central nesse processo de mediação, cabendo a ele a transposição de conteúdos com o objetivo de desenvolver o processo de ensino e aprendizagem, o presente trabalho pretende discorrer sobre o Ensino Investigativo em ciências pautado na construção de um olhar epistemológico, com a utilização de modelos representativos de caráter científico dentro de um contexto didático, em que a construção do olhar exploratório por parte do aluno – este já com uma prévia apropriação teórica – seja capaz de produzir hipóteses a partir de conceitos/problemas de ordem ecológica; hipóteses estas que serão testadas, confirmadas ou refutadas.

Desenvolvendo o Ensino Investigativo e utilizando como recurso um modelo didático-científico no contexto da ecologia, é possível desenvolver o perfil de um cidadão atento aos fenômenos naturais, conhecedor de tecnologias inovadoras que possam favorecer e proporcionar um ambiente equilibrado. Para que isso seja realizado, o professor deve assumir o papel de coordenador-tutor, gerenciando as diversas vivências que os alunos possam ter dentro das disciplinas previstas no Plano de Curso, gerando, assim, experiências de aprendizagem positivas, obtendo

um conhecimento adquirido por essa via, de modo a construir uma postura ética e consensual em seu processo formativo e dentro do contexto da Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente – CTSA (SANTOS e MORTIMER, 2002).

A partir disso, este trabalho apresentará resultados e discussões sobre como o uso de um terrário pode favorecer o Ensino Investigativo no conteúdo de Ecologia. Além disso, algumas contribuições didáticas merecem ser destacadas: desenvolvimento de testes de hipóteses e argumentação, socialização da discussão entre os pares e construção do conhecimento ecológico.

Em face dessas questões, pode-se caracterizar o seguinte problema de pesquisa: Em um cenário de necessidade de atendimento a um efetivo processo de ensino e aprendizagem, como os modelos representativos (didático-científico<sup>1</sup>) podem ser usados na construção do conhecimento durante o Ensino Investigativo de Ecologia, de forma a contribuir para a formação de alunos de um curso técnico/específico da área de Meio Ambiente/Biologia?

Com o intuito de responder a essa pergunta e contribuir para a análise e conclusão deste trabalho, além dos citados nesta introdução, recorreu-se a referenciais teóricos de autores como Maricato (2012), Paiva (2005), Cachapuz *et al.* (2004), Silveira *et al.* (2011), Chibeni (2006), Bellini (2007), Munford e Lima (2007), Bachelard (1938) *apud* Carvalho (2013), Pietrocola (2002), Justi (2015), Sayão (2011), Paz *et al.* (2006), Harrison e Treagust (2010), entre outros.

## 1.1 OBJETIVOS

O objetivo geral deste trabalho consiste em analisar como o uso de um terrário como modelo didático-científico, atrelado ao Ensino Investigativo, pode contribuir para o entendimento de fenômenos ecológicos a partir da epistemologia da ciência.

Além do objetivo geral, espera-se: discutir como os alunos compreendem o uso de modelos para a construção do conhecimento científico; relacionar os principais conceitos de ecologia com a dinâmica do terrário; desenvolver a

---

<sup>1</sup> O conceito de modelos, tanto representativos como didático-científicos, estão discutidos no capítulo 2.4 sobre Modelos.

criticidade dos alunos e seu poder argumentativo acerca das hipóteses criadas e seus possíveis resultados.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo apresenta as teorias que conceituam e relacionam a Epistemologia com o Ensino de Ciências; o Ensino Investigativo, da modelização e da epistemologia dentro do contexto modelo, apresentando e comparando tipos de modelo, e trazendo reflexões sobre o uso desses modelos no contexto educativo, especialmente do terrário no Ensino de Ciências.

### 2.1 EPISTEMOLOGIA DA CIÊNCIA

A Ciência pode ser entendida como o campo de estudo que aborda diversos conhecimentos. A aquisição desses conhecimentos possibilita uma compreensão do mundo, seus fenômenos e transformações. Já a epistemologia pode ser compreendida, de acordo com Lebrun (2006 *apud* Maricato, 2012, p.29), “como uma área de conhecimento que estuda os fundamentos de uma ciência, isto é, sua natureza, objeto, método, instrumento, teorias, problemas, o trabalho do cientista, cuja intenção é compreender o significado de uma ciência particular”.

O conhecimento científico se remodela ao longo do tempo, não é imutável, ele evolui e seus princípios estão atrelados ao contexto histórico em que são elaborados. Para Paiva (2005, p.11), “a vertente epistemológica inaugurada por Bachelard objetiva justamente refletir acerca dessa ciência em estado incessante de criação e inovação”. De acordo com Cachapuz *et al.* (2004), a ciência passou de um conhecimento concreto e estável para algo incerto que requer constantes adaptações. A partir da necessidade de se tornar um conhecimento comum em científico, ou seja, torná-lo válido frente à comunidade científica, ocorreu uma evidente ruptura e o consenso de que ambos os conhecimentos não podem pertencer à mesma filosofia, desta forma, “implica em aceitar que a ciência contemporânea é feita da pesquisa dos fatos verdadeiros e da síntese das leis verídicas que têm uma fecundidade de verdades” (SILVEIRA *et al.*, 2011, p.2). Nasce, assim, o rigor científico.

O termo “fatos verdadeiros” demanda um adendo, no que se refere à sintaxe de “fato” e “verdade”, relacionando-os com a ciência atual.

O “fato” depende do que o modelo que considera que seja “fato”. Verdadeiro fica pior ainda. Não que não haja uma realidade do mundo, externa a nós. O problema é como a percebemos. E sempre a percebemos a partir de modelos que são construídos por nós. Nesse sentido, o rigor é, antes de tudo, uma admissão, por nossa parte, do risco de os modelos não corresponderem à realidade. Ou pior que isso: a de que eles sempre serão apenas aproximativos à realidade. E que o nosso próprio interesse de pesquisa afeta a maneira como nós os construímos (comunicação pessoal).<sup>2</sup>

De acordo com a análise desses termos, é factível a influência da crença, ou seja, de experiências vividas e conhecimentos adquiridos pelo pesquisador em sua análise, assim como será no educador e no educando. Não estamos livres de influências, assim como não estamos livres de influenciar, desta forma, ao trabalhar o rigor científico, cabe ao professor apresentar essa concepção, frisando a seriedade ao correlacionar sua experiência e conhecimento de mundo com o pedagógico e a práxis científica.

Para obter-se o rigor científico, é necessário que alguns passos sejam seguidos, não de maneira única e fixada, mas que pode e deve ser constantemente revisada e implementada. De acordo com Chibeni (2006, p.2), “na verdade, não há um método científico no sentido de uma receita universal para se fazer ciência”, ou seja, pode-se seguir diversos caminhos que levam mesmos resultados. O método científico será escolhido pelo pesquisador a partir da análise de uma *problemática*, já que, pela visão pragmática de Laudan, o ponto central da Ciência é a *resolução de um problema* (SILVEIRA, 2011). Para se resolver o problema, elabora-se uma *teoria*, que tende a ser preditiva e explicativa frente ao fenômeno observado, o que acaba por corroborar com a ideia de Bachelard (2001), que descreve o conhecimento como busca de uma resposta para uma questão, sendo o problema a questão e a resposta, uma teoria. É importante levar em consideração que não se constrói uma Lei com apenas uma teoria e tampouco um único experimento fornece resultado válido. O caminho trilhado pelos cientistas é árduo; embora não haja tempo suficiente em sala de aula para repetir um experimento diversas vezes, é importante deixar claro aos alunos a importância da perseverança do pesquisador ao analisar algum fenômeno e que até mesmo a negativa é um resultado importante, além de não ser definido, pois as teorias estão sujeitas a mudanças.

---

<sup>2</sup> Fala do profº Dr. Marco Antônio Villarta Neder, em fevereiro de 2020.

Na etapa de observação, muitas vezes os pesquisadores utilizam recursos como experimentação e fazem uso de modelos para testar as suas hipóteses, tendo como base uma ou mais teorias. Um exemplo clássico de modelo citado no Ensino de Biologia é o modelo de Miller e Urey construído para testar a hipótese de Oparin e Haldane, sobre a atmosfera primitiva. Geralmente, esse assunto está relacionado com o conceito de se fazer ciência, além de ser exemplo de como o surgimento de uma Teoria ou Lei é conduzido pela Ciência. Além desse exemplo, a estrutura de dupla hélice do DNA, por si só, também é um modelo representativo de uma estrutura molecular, muito utilizado na Biologia e recriado por alunos e professores durante as aulas.

Deve-se ter cuidado ao se discutir sobre o que é Ciência, assim como ensiná-la, pois, muitos veem o seu fazer simplesmente como um método empírico-indutivo, no qual se desenvolve apenas a observação, relato dos dados e explicação, não recorrendo a outros conhecimentos adquiridos e interação entre outras áreas. Esse cuidado descrito é corroborado com o pensamento de Bachelard apud ao afirmar que:

defendia que o empirismo sem leis claras, coordenadas, dedutivas não pode ser pensado nem ensinado, e um racionalismo sem provas palpáveis, sem aplicação à realidade imediata não pode convencer plenamente. Será o encontro profícuo entre razão e experiência, entre realismo e idealismo, ou ainda, entre empirismo e racionalismo, que norteará a nova epistemologia (PAIVA, p.16, 2005).

Dentro do contexto histórico, diversas pessoas discutiram sobre como ocorre a construção do conhecimento científico. Silveira *et al.* (2011, p.7) fazem um levantamento das principais ideias sobre o surgimento do conhecimento dentro da ciência, a partir da visão de alguns epistemólogos, destacando:

as ideias de Popper, de que todas as teorias são tentativas de chegar à realidade; Laudan afirma que o progresso científico está baseado em resolução de problemas, tanto empírico como conceituais; Bachelard propõe a filosofia do não como busca permanente do conhecimento; Toulmin explica que a chave da compreensão humana está nos conceitos e Mayr lança sua crítica à ciência física e defende a Biologia como uma Ciência que organiza seus conhecimentos em estruturas conceituais e não em leis.

Os autores ainda destacam que o conhecimento surge do erro que deve ser corrigido; corroborando com essa ideia, apresentam outros autores, como Thomas Kuhn, que propôs que no “desenvolvimento da ciência não existe um único paradigma [...]”, e Bachelard, que “se compromete com a reflexão e permanente reconstrução da ciência, tendo como fundamento conceitos que remetem a uma crítica que problematiza o pensamento a respeito de cada um deles” (SILVEIRA *et al.*, 2011, p.8).

Analisando esses recortes, pode-se perceber que a natureza do conhecimento epistemológico é diversa e que cada filósofo contribuiu a sua maneira. Alguns pontos merecem destaque: a ciência consiste na resolução de problemas, existem conhecimentos empíricos e conceituais, não existe apenas uma “fórmula” para se resolver problemas, e cabe ao processo de reflexão conduzir a investigação. Quando se aborda a resolução de problemas, usa-se o método científico no qual o problema está inserido, como a observação, modelização, teorias e conceitos.

A partir de várias concepções sobre o que é ciência e como as teorias são alcançadas, confere-se uma grande tenacidade à modernidade científica, o que acaba por contradizer a ciência grega, na qual todas as ciências eram unificadas, seguindo um único protocolo, tendo um enfoque predominante na Física. Desta forma, pode-se observar que,

A concepção atual de Ciência, como algo confiável porque é provado objetivamente, tornou-se popular com a Revolução Científica (séculos XV-XVII), com Francis Bacon (1561-1626) e Galileu Galilei (1564-1642). Bacon, apesar de não ter dado ênfase à experimentação, restringiu-se à parte teórica da metodologia, discutindo os critérios que deveriam ser seguidos pelo método científico. O método, já com sua base teórica, pôde ser aplicado por Galileu, que partia da observação de fatos particulares para o estabelecimento de leis exatas, e, através dessas, para fatos específicos futuros que poderiam ser previstos. A percepção de Ciência daquela época diferia da atual, mas instituiu as bases metodológicas à modernidade (POLISELI; OLIVEIRA; CHRISTOFFERSEN, 2013, p.107).

Alguns epistemólogos defendem que as Leis estão mais relacionadas com a Física e a Química. Vale ressaltar que essas ciências são pautadas na incerteza e indeterminação, enquanto a Biologia, como defendido por Ernest Mayr, relaciona os conhecimentos como conceitos, pois “a Ciência Biológica organiza-se em estruturas conceituais flexíveis e com aplicação heurística. O desenvolvimento da

Biologia ocorre por elaboração de novos conceitos e princípios” (SILVEIRA, 2011, p.11). Assim como,

Certos fundamentos das Ciências Físicas (determinismo e reducionismo) não devem ser utilizados integralmente como parâmetros para as Ciências Biológicas, pois o paradigma newtoniano destina-se a quebrar o sistema em partes, estudá-lo isoladamente e reconstruir o todo. Isso não é aplicável à Biologia por um motivo simples: os sistemas biológicos podem simplesmente parar de funcionar, caso um elemento seja separado de um todo interligado (POLISELI; OLIVEIRA; CHRISTOFFERSEN, 2013, p.111).

A Biologia, por sua característica taxonômica, ou seja, de classificar com base na observação, não é uma ciência de dedução, “pois faria uma "metabiologia", uma ciência sem relação com a realidade dos animais e plantas” (BELLINI, 2007, p.32). Dessa forma, caracteriza-se como uma Ciência que é influenciada por diversos fatores externos e não obedece a uma lei específica, necessitando, muitas vezes, de uma interpretação holística, mesmo não sendo uma ciência autônoma, e não pode ser explicada pelo reducionismo.

Bellini (2007), em seu artigo, apresenta diferenças epistemológicas com relação às atividades operatórias que se relacionam à Física, a Matemática e a Biologia. Na Física, destacam-se mais as atividades de matemática e experimentação, na Matemática, a dedução. Já a Biologia, em alguns casos, requer observação e experimentação, o que acaba sendo considerado um marco epistemológico desta ciência. Além disso, Bellini (2007) acrescenta a importância do objeto que é observado.

### **2.1.1 Epistemologia e Ensino de Ciências**

“A epistemologia está implícita em qualquer currículo de ciências” (PRAIA; CACHAPUZ; GIL-PÉREZ, 2002, p.128). Sabendo que a ciência é construída e ensinada, os mesmos autores discutem a relação entre a epistemologia e o professor, cuja apropriação de concepções da ciência influencia diretamente sua ação pedagógico-didática, o que traz a necessidade de:

questionar, discutir e refletir acerca da pertinência de conexões entre ciência/epistemologia/educação em ciência é um exercício necessário aos professores para poderem fundamentadamente fazer as suas opções científico-educacionais (PRAIA; CACHAPUZ; GIL-PÉREZ, 2002a, p.128).

Para isso o professor deve ser responsável pela transposição didática do conteúdo a ser abordado, desta forma, transpondo o saber científico, para o saber a ser ensinado.

Em sala de aula o papel da epistemologia da ciência apresenta um objetivo específico dentro de um plano de ensino, como abordado por Tesser (1995, p.97):

A Epistemologia Pedagógica consiste em ensinar aos alunos a pensar criticamente, ir além das interpretações literárias e dos modos fragmentados de raciocínio. Aprender não apenas a compreender, mas ter acima de tudo a capacidade e competência de problematizar dialeticamente a teoria e a práxis educacional. Os alunos deverão aprender uma Epistemologia que lhes permita a busca de elementos de diferentes áreas do conhecimento, e de engajar-se em novos tipos de questionamentos, de formulação de problemas apropriados para a transformação da realidade educacional.

Os conceitos e princípios fundamentais da epistemologia da ciência (problema, observação, testes e teoria) que, relacionados com a Epistemologia Pedagógica descrita por Tesser (1995), podem ser trabalhados em sala, em diversas formas, como exemplo, em atividades práticas que, partindo de uma problemática, testes e observação, são realizados gerando uma *teoria*, ou seja, uma explicação científica acerca do fato observado, que satisfaça no momento, visto que as teorias não são fixas e a ciência está em constante alteração.

Essas atividades práticas podem ser abordadas dentro do Ensino por Investigação. Vale ressaltar que o Ensino por Investigação não contempla apenas as atividades práticas, mas também atividades de leitura. A modelização faz parte do processo epistemológico, também utilizado na investigação científica. Desta forma, a investigação científica é capaz de,

[...] desenvolver a compreensão racional do mundo, ela passa pelo estágio de explicação científica a partir da aceitação e do estabelecimento da teoria. A sua construção é, quase sempre, o resultado de um longo processo que percorre caminhos sinuosos e cujas metodologias e actividades envolvem desde relações e interpretações imaginativas, de argumentações fundamentadas, de formulações criativas, de interrogações, de **modelizações**, passando pela recolha cuidada e intencional de informação, de elementos observáveis (ou não), porém, sempre pensados através de hipóteses criativamente formuladas. (PRAIA; CACHAPUZ; GIL-PÉREZ, 2002, p.132) (grifo nosso).

O ensino faz parte do processo educativo, cuja finalidade é agregar conhecimentos específicos, competências e habilidades sobre determinados

assuntos. Infelizmente, o Ensino das Ciências enfrenta muitas dificuldades, alunos desinteressados e professores não capacitados. São diversos fatores que colaboram para esse problema e cabe uma reflexão profunda para compreender as dificuldades e contornar essa problemática.

Uma forma de motivar os alunos para o estudo das ciências, de acordo com Silveira *et al.* (2011, p.2), está relacionada com a busca da curiosidade epistemológica, pois, segundo os autores, “tanto o pesquisador como o educador devem extrapolar as demarcações da curiosidade apenas mental e buscar, também, a curiosidade epistemológica que se deseja desenvolver por meio da Epistemologia das Ciências”.

O Ensino de Ciências, enquanto área, necessita da epistemologia para fundamentar uma orientação. Bachelard, considerado uma das maiores referências sobre a epistemologia da ciência, deu início a seus estudos no início do século XX, mas o conceito de epistemologia tornou-se consagrado após a publicação da obra *Identidade e Realidade*, de Émile Meyerson (1859-1933), que substituiria a designação de filosofia da ciência. Esses conceitos não permaneceram os mesmos:

Com as mudanças no mundo da ciência e a necessidade de formas diferenciadas de apreendê-las, novas questões se apresentaram para a epistemologia, à qual coube erigir conceitos para lidar com a perspectiva instaurada por tais teorias, bem como repensar a própria história das ciências (PAIVA, 2005, p.32-33).

Com base na relação dialética entre o empirismo e racionalismo é que o Ensino das Ciências deve ser repensado, agregando a observação e a reflexão sobre os fatos. A pedagogia das ciências está relacionada com a inquietude de se responder “*para quê e como ensinar?*”, e a questão “*o quê ensinar?*” aparece em menor prevalência, ligando-se aos conteúdos.

Cachapuz, Praia e Jorge (2004) acreditam que o “*para quê?*” está ligado ao “*para quem?*”, que seria a justificção social da educação. O Ensino de Ciências para desenvolvimento de um ser culto científico deve ser capaz de possuir valores e competências, que levam a compreender e discutir acerca de problemáticas de índole científico/tecnológica, bem como reconhecer a utilização das ciências e tecnologias em situações sociais, econômicas, ambientais, dentre outras. Mas como realizar esse ensino? Qual o público? Para que desenvolver esse saber culto

científico, ou seja, ser cientificamente culto? Independente da resposta para essas questões, a educação é sempre com pessoas para pessoas, ou seja, deve ser centrada no aluno e com atividade reflexiva para a sociedade, passando pelo processo de compreensão, mudança de paradigmas e reconstrução, como explicou Silva (2013, p.1):

A epistemologia encontra-se na intersecção de preocupações e de disciplinas diversas, tanto por seus objetivos quanto por seus métodos [...] age de forma que o objeto da história da ciência seja compreendido como algo inacabado e que se encontra sempre em reconstrução.

Dentro de uma perspectiva epistemológica, o *saber ciências* pode decorrer de algumas motivações inerentes ao homem, que é um ser curioso, que observa, cria hipótese e a testa. Essa curiosidade pode ser usada como proposta de ensino e aprendizagem, mostrando ao jovem como o conhecimento científico pode impactar a sua vida. De acordo com Pietrocola (p.12, 2002), “ao procurar lançar hipóteses, validá-las experimentalmente, comparar e articular estas com outras hipóteses, ou seja, ao produzir boas teorias, a ciência se propõe a organizar explicações cada vez mais sofisticadas do mundo”.

Essa motivação deve ser usada como âncora no Ensino das Ciências e o conhecimento de como o processo de construção da ciência ocorre é de extrema importância. Quando há apenas a apresentação de teorias por parte do professor, há um vazio acerca da origem delas e, muitas vezes, de sua própria aplicabilidade, sendo o processo tratado apenas de modo empírico. Quando o professor se apropria desse conhecimento, ocorre uma melhora das “suas próprias concepções de ciência e à fundamentação de sua ação pedagógico-didática” (PRAIA; CACHAPUZ; GIL-PÉREZ, 2002a, p.128).

Abordada por Praia, Cachapuz e Gil-Pérez (2002a, p.130), a discussão científica, de acordo com Popper, deve ser baseada em um:

problema (P1), ao qual se oferecesse uma espécie solução provisória, uma teoria-tentativa (TT), passando-se depois a criticar a solução, com vistas à eliminação do erro (EE); e, tal como no caso da dialéctica (tese: antítese: síntese), esse processo se renovaria a si mesmo, dando surgimento a novos problemas (P2).

Partindo de uma perspectiva inocente, alguns pesquisadores acreditam que, para aprender ciências, basta “descobrir aprendendo” ou “aprender fazendo” (PRAIA, Cachapuz e Gil-Pérez, 2002b, p. 258), assim fazem atividades de experimentação sem o devido preparo, sem o embasamento teórico necessário para a compreensão dos fatos. O que se encontra já estava previsto antes de realizar a atividade, tendo como intuito a mera constatação dos fatos, corroborando apenas para uma simplista visão empírico-indutiva, caracterizando, assim, uma “*não ciência*” do ponto de vista da perspectiva racionalista.

Gil-Pérez, em seu artigo “*Para uma imagem não deformada do trabalho científico*”, publicado em 2001, fez uma profunda revisão de literatura e aponta algumas deformações que acredita serem contrárias à proposta pedagógica da investigação científica para o Ensino de Ciências, que continuam sendo válidas até o presente momento, sendo elas:

- i) Abordagem de uma concepção empírica indutivista e ateórica;
- ii) Transmissão de uma visão rígida, que, por consequência, é aproblemática e ahistórica;
- iii) Tem caráter exclusivamente analítico;
- iv) Tem visão acumulada de crescimento linear dos conhecimentos científicos;
- v) Prevalece uma visão individualista e elitista da ciência;
- vi) Possui, muitas vezes, uma imagem descontextualizada e socialmente neutra da ciência.

Em suma, essas deformações são baseadas em uma visão simplista, errônea e estagnada do que é fazer ciências, não levando em consideração a teorização prévia, o pensar do aluno, a preposição de hipóteses, além da possibilidade de refutação da hipótese, visto que a teorização leva a uma resposta contrária do teste, já que muitas vezes não se consegue comprovar o que é, mas sim o que não é. Desta forma,

O conhecimento científico é um constante jogo de hipóteses e expectativas lógicas, um constante vaivém entre o que pode ser e o que "é", uma permanente discussão e argumentação/contrargumentação entre a teoria e as observações e as experimentações realizadas (PRAIA *et al.*, 2002b, p.255).

O fazer ciência não é dogmático e imutável, e a admissão dessas características não significa pormenorizar o caráter científico dentro da sala de aula, mas, sim, admitir que os alunos necessitem da compreensão de que os fenômenos naturais, dentre outros, podem ser influenciados por vários fatores e que uma simples interferência é capaz de mudar o rumo dos eventos, extrapolando dessa forma as possibilidades cabíveis em determinadas situações. O que de fato nos interessa quanto à didática em Ensino Científico é o estímulo das competências e habilidades ligadas ao processo que possam ser convertidas em atitudes, tais como: elucidar hipóteses e resultados para soluções de problemas e desenvolver a criticidade frente aos resultados que venham a surgir. É importante não ter a pretensão de “criar” pequenos cientistas dentro da sala de aula. De acordo com Praia, Cachapuz e Gil-Pérez (2002b, p.255) o professor,

não tem de seguir uma estratégia idêntica relativa ao pensar sobre as respostas a dar aos problemas. Ele deve procurar, sim, incentivar os alunos a consciencializarem as suas dificuldades, a pensar sobre o porquê delas, estando atento aos obstáculos que se colocam à aprendizagem, ou seja, deve ajudá-los e dar-lhes confiança para que se possam exprimir num clima de liberdade, sem perda do rigor intelectual.

O uso da epistemologia em sala de aula é a premissa do Ensino Investigativo quando se torna uma prática em que os alunos trabalham em cima de um problema, de acordo com o que é proposto na epistemologia, na tendência racionalista.

## 2.2 ENSINO INVESTIGATIVO

Quando usamos o termo *ciência investigativa*, é comum acontecer algum tipo de dúvida referente a quem pratica essa ciência. Estamos habituados com a ideia de ciência produzida pelos cientistas dentro do laboratório e em universidades, que se distancia da ciência praticada em sala de aula (MUNFORD e LIMA, 2007), mas, e a ciência de sala de aula, em que se baseia? Essa prática, chamada de *Ensino Investigativo*, se deve pelos critérios metodológicos seguidos na resolução de uma problemática, que é a mesma usada na prática científica dos cientistas.

“É importante dizer que, na escola, não reproduzimos as condições experimentais nem os métodos, os critérios ou as hierarquias das ciências em sala

de aula (BELLINI, 2007, p.31)". Assim, é possível compreender que existe uma diferença entre essa ciência produzida pelos cientistas e a ciência ensinada e produzida em sala, que faz parte do Ensino Investigativo.

O que é apresentado em sala de aula passa pelo crivo da *transposição didática* que fora abordada inicialmente por Chevallard (figura 1), pesquisador francês em 1985. Nessa transposição, o conteúdo chamado de "saber científico" passa por uma série de transformações, tornando-se um "saber a ser ensinado", disponível nos materiais didáticos, por exemplo. Na sala de aula, inclui-se o professor, que fará a última transposição denominada "saber escolar", que está mais próximo da realidade do aluno.



Figura 1: Transposição didática

Figura 1: Transposição didática

Fonte: Melzer, 2015

Para Munford e Lima, (2007, p.94), há certas implicações que

o distanciamento entre a ciência escolar e a ciência acadêmica poderia ter para a aprendizagem de ciências – em particular a contextualização dos conceitos científicos no campo de investigação acadêmica. As abordagens investigativas no ensino de ciências representariam um modo de trazer para a escola aspectos inerentes à prática dos cientistas.

Munford e Lima (2007), em sua pesquisa, concluem que as ciências nos dois contextos (escolar e acadêmica) assumem papéis e objetivos distintos, sendo o objetivo escolar a promoção de uma aprendizagem de um conhecimento científico já consolidado por cientistas, cujo objetivo da ciência acadêmica é a produção de novos conhecimentos. Mesmo com objetivos distintos, a ciência escolar necessita dos conhecimentos acadêmicos produzidos, tanto para gerar conhecimento técnico-científico como para produzir conhecimento pedagógico, que gera subsídio para o aprimoramento do ensino aos professores.

A epistemologia das Ciências, cujo objetivo é o estudo do conhecimento científico, se enquadra na transposição didática de Bachelard, podendo se correlacionar com o *Saber Sábio*, ou seja, com a produção científica realizada pelos

cientistas, que utilizam um método específico para o desenvolvimento científico. Como já dito, esse conhecimento científico que será utilizado pelos educadores no Ensino Básico precisa ser reescrito, passando por uma série de transformações – transposição externa –, sendo chamado agora de *Saber a Ser Ensinado*. Como o ensino é feito por pessoas e para pessoas, a realidade na qual estão inseridas é diferente, exigindo, assim, uma abordagem específica dentro da sala de aula. Cabe ao professor realizar essa última transformação – transposição interna –, finalizando o processo de transposição. É importante destacar o papel da Vigilância Epistemológica, que tem a função de não distanciar e não distorcer o conhecimento produzido do conhecimento a ser ensinado.

A transposição didática também pode ser utilizada como um recurso no Ensino Investigativo, já que, dada a sua natureza epistemológica, ela proporciona aos alunos uma experiência em primeira pessoa. Desta forma, a transposição

didática, realizada com cautelas para não cairmos em simplismos fáceis, deve traduzir-se em sugestões de propostas de atividades de ensino-aprendizagem, que valorizem o papel do aluno no sentido primeiro de o confrontar com as suas situações de erro para posteriormente as vir a rectificar. Do ponto de vista didáctico, ao sujeitarmos a experiência científica a uma tentativa de questionamento estamos a convidar os alunos a desenvolverem-se cognitivamente, num confronto de ideias com os seus pares, em que o resultado não só não está de antemão conseguido, como tem que ser sempre olhado à luz dos seus quadros interpretativos (CACHAPUZ, *et al.*, 2005, p. 99).

Atrelada à transposição didática, está a dialética ‘teoria-observação-teoria’, que recai com uma relevância capaz de promover configurações educativas para o Ensino Investigativo, no qual se enfatiza a “importância das teorias científicas para a construção do conhecimento, sobretudo em relação ao status que possuem e atendendo aos diferentes níveis explicativos e compreensivos em que se encontram” (CACHAPUZ *et al.*, 2005, p. 71-72).

Por meio do Ensino Investigativo, a construção do conhecimento científico vai além da memorização, as informações são discutidas e criticadas. No contexto desse ensino,

os alunos resolvem problemas verdadeiros, levantam hipóteses para tal resolução, testam estas hipóteses e, por fim, chegam à determinada conclusão. Com este enfoque de ensino os estudantes podem perceber

que a ciência não é algo concreto e acabado como é tratado nas tradicionais aulas de ciências (CEZAR, 2016, p. 23).

A premissa que orienta o Ensino Investigativo é a presença de uma problemática inicial para a construção de um conhecimento, e, de acordo com Carvalho (2013), a colocação inicial de um problema é o fio condutor de uma aprendizagem significativa que, diferentemente do ensino expositivo, favorece mais o raciocínio e, conseqüentemente, a construção do conhecimento.

Ainda neste trabalho, Carvalho relaciona duas teorias da construção do conhecimento, de Piaget e Vygotsky, com o Ensino Investigativo. Para ambos, a problemática inicial leva a uma desorientação, que, dentro do ponto de vista Piagetiano é chamado de desequilíbrio e, para Vygotsky, ZDP (Zona de Desenvolvimento Proximal). Essa desorientação conduz a uma busca por respostas, levando o aluno a trilhar um novo caminho, construindo novos conhecimentos. Durante esse percurso desconhecido, ele pode se deparar com várias possibilidades, questionamentos, investigando as possibilidades, proporcionando uma interação social entre os participantes da atividade, uma manifestação da socialização do conhecimento durante as aulas. Essa interação social é uma das teorias abordadas por Vygotsky, relacionada diretamente com o Ensino Investigativo, já que fazer ciência não é algo individual e impessoal, mas interativo e construído pela relação entre sujeitos com diferentes saberes, e o Ensino Científico não visa apenas a alfabetizar o alunado, mas dar-lhe condições de argumentar sobre, tanto individualmente como socialmente.

Tudo isso gira em torno de um objetivo, que é responder à questão, como dizia Bachelard (1938) *apud* Carvalho (2013, p.6): “todo o conhecimento é a resposta de uma questão”; desta forma, pode-se dizer que ocorreu a aprendizagem quando o aluno foi capaz de desenvolver a sequência proposta, respondendo satisfatoriamente à questão.

A partir do problema levantado e discutido, essa forma de obtenção de respostas implica na elaboração de uma série de métodos, ou seja, os alunos praticam o método científico postulando e testando hipóteses, quantificam-nas e qualificam-nas, podendo contestá-las ou aceitá-las, dependendo do critério de ponderação. Essa aplicação de métodos promove a articulação e o desenvolvimento de uma nova linguagem – a linguagem científica –, cuja

construção de conceitos complexos é uma ferramenta que promove o conhecimento. De acordo com Carvalho (2018, p. 771): "O problema se torna importante em atividades experimentais introdutoras de conceitos ou sistematizadoras de dados que levarão a leis quando procura relações entre outros conceitos já aprendidos, introduz nova proposta teórica e muitas outras estruturas científicas que devem ser postas na aprendizagem das Ciências".

Ainda sobre o trabalho de Carvalho (2018), a autora afirma que a diretriz principal de uma atividade investigativa é,

cuidado do(a) professor(a) com o **grau de liberdade intelectual dado ao aluno** e com a **elaboração do problema**. Estes dois itens são bastante importantes, pois é o problema proposto que irá desencadear o raciocínio dos alunos e sem liberdade intelectual eles não terão coragem de expor seus pensamentos, seus raciocínios e suas argumentações (CARVALHO, 2018 p.776). (grifo nosso)

Este grau de liberdade intelectual foi levado em consideração durante a elaboração da SEI aplicada nessa pesquisa, por acreditar que autonomia seja essencial no desenvolvimento de habilidades no aluno durante o processo de ensino e aprendizagem. Bem como a elaboração do problema que foi ao encontro da formação técnica dos discentes envolvidos. Corroborando com as ideias de Zômpero e Laburú (2010, p.17) que descrevem as atuais funções do EI "desenvolvimento de habilidades cognitivas nos alunos; a realização de procedimentos como elaboração de hipóteses; anotação e análise de dados e o desenvolvimento da capacidade de argumentação", diferentemente do intuito anterior que era apenas formar cientistas.

Ainda sobre o mesmo trabalho de Carvalho (2018), a autora apresenta diferentes graus de liberdade em relação à participação do professor e alunos nas etapas (problema, hipótese, plano de trabalho, obtenção de dados e conclusões) presentes em atividades experimentais no EI (Ensino Investigativo)). Esta escala vai do grau 1, no qual segundo a autora não se caracteriza como um Ensino Investigativo ao não contar com a participação de alunos, ao grau 5, que se estabelece com maior liberdade. Progressivamente percebemos no quadro 1, um aumento na participação dos alunos nas atividades, assim agregando uma maior autonomia dos estudantes. A autora apresenta os alunos como ativos no raciocínio intelectual nos graus 3 e 4, tendo uma maior maturidade no grau 4. Já o grau 5 é

mais raro de se encontrar e conta com o engajamento total dos alunos em todas as etapas, como nas feiras de ciências.

O grau 2 apresenta uma transição entre uma simples atividade e uma atividade pautada no Ensino Investigativo, já que coloca o aluno como parcialmente ativo no processo, mas ainda dependente do professor.

Quadro1: Graus de liberdade de professor (P) e aluno (A) em atividades experimentais

	Grau 1	Grau 2	Grau 3	Grau 4	Grau 5
Problema	P	P	P	P	A
Hipóteses	P	P/A	P/A	A	A
Plano de trabalho	P	P/A	A/P	A	A
Obtenção de dados	A	A	A	A	A
Conclusões	P	A/P/Classe	A/P/Classe	A/P/Classe	A/P/Classe

Fonte: Carvalho (2018, p.768)

O início do Ensino Investigativo contempla um processo denominado 'modelagem mental', que, por sua vez, pode conduzir à elaboração de modelos físicos a serem manipulados e testados, para atenderem uma determinada demanda. Modelos físicos permitem a testagem e podem se enquadrar nos graus 3, 4 e 4, dependendo de sua abordagem.

## 2.3 MODELIZAÇÃO

Dentro de um contexto histórico, o Ensino de Ciências tem ocorrido de maneira linear, na transmissão de conhecimento via oralidade professor/aluno, seguindo o currículo muitas vezes contido em materiais didáticos, como livro e/ou apostila. Esses materiais são utilizados e, em alguns casos, podem se tornar o único recurso didático que o professor utiliza em sala de aula. A não diversificação no uso de recursos didáticos e metodologias abre um pressuposto de que isso possa vir a limitar as diversas possibilidades de desenvolvimento cognitivo do aluno, assim como a exploração de sua capacidade de criação e resolução de problemas práticos que possam surgir com a utilização de metodologias diferenciadas. De acordo com Vygotsky (1978), a assimilação de conceitos ocorre na zona de desenvolvimento

proximal (ZDP), ou seja, o assunto deve ser próximo ao aluno, fazer parte do seu cotidiano, podendo despertar o interesse pelos estudos.

As diferentes metodologias são capazes de abranger uma gama de potencialidades no desenvolvimento cognitivo do aluno, corroborando com o conceito de Inteligências Múltiplas, descritas por Howard Gardner (1991), conceito que descreve a inteligência como “a capacidade de resolver problemas ou de elaborar produtos que sejam valorizados em um ou mais ambientes culturais ou comunitários” (GARDNER, 1995 *apud* ABREU, 2002 p.31). Essa inteligência, ou melhor, inteligências, se manifestam de formas diferentes nos indivíduos, podendo ser direcionadas para a solução de problemas, num processo de Ensino Investigativo. Dentro do próprio objetivo do presente trabalho de utilizar um modelo como recurso didático, é possível e esperado que se manifestem diferentes inteligências.

Para uma melhoria no ensino, espera-se uma interação entre os alunos e professores com o cotidiano. Ademais, ao professor é necessário que,

Além de estabelecer adaptações pedagógicas, exige qualificação profissional por parte dos educadores, para que possam ser capazes de vencer os limites da aula expositiva e provoquem a motivação dos estudantes na formação do próprio conhecimento, implementando nas salas de aulas, várias práticas relacionadas à teoria que beneficiem o ensino-aprendizagem dos alunos (CARVALHO, 2008; ANDRADE; MASSABNI, 2011 *apud* JÚNIOR, 2015 p.20).

Para que isso ocorra, os professores precisam se abrir para novas possibilidades, adequando-se e construindo processos de ensino e aprendizagem que se adequem às necessidades de seus alunos.

Uma das possibilidades didáticas para o ensino de Biologia é o uso de modelos, que tem por objetivo fazer a representação de algo já existente, não necessitando de uma representação fidedigna, mas que seja capaz de produzir conhecimento. O modelo é,

análogo ao mundo real, facilitando a compreensão do que se está estudando. A modelagem mental está intrínseca em toda forma de aprendizagem, o aluno manifesta esses modelos durante a concepção do conhecimento, tomando para si uma referência, associando aquilo que já vivenciou com o estudado. [...] Os alunos já têm seus modelos mentais, mas estes podem ser modificados ou até mesmo incluir novos modelos a sua aprendizagem, modelos mentais são ferramentas para pensar (BALBINOT, 2010, p.4).

Os modelos comumente usados na Biologia não requerem, algumas vezes, a obrigatoriedade de descrições matemáticas, já que têm a função de representatividade, descrição de um objeto ou fenômeno.

### **2.3.1 Epistemologia da ciência dentro do contexto modelo**

Definir ciência não é uma tarefa fácil, trata-se de conceito complexo, difícil de caracterizar. Dentro de um contexto de ensino, há necessidade de se explicitar algumas características importantes da Ciência, que Justi (2015, p.33), em seu trabalho, define como: “i) um empreendimento humano, ou seja, é produzida pela mente humana, não é algo físico; ii) ciência atende à necessidade de responder questões, tendo a curiosidade como motivação; iii) produz conhecimento devido à necessidade de busca por respostas”.

Ainda Justi (2015) concluiu que a argumentação e a modelagem são duas práticas epistêmicas para a ciência, e que, juntas, são boas estratégias para a aprendizagem.

O termo modelo é comumente utilizado dentro de um contexto epistemológico da ciência. A tríade ‘teoria, hipótese e lei’ requer um modelo para testagem e aceitação, cabendo a ele representar uma parcela da natureza, onde se possa reproduzir uma determinada situação ou fenômeno, assim demonstrando a consistência das teorias científicas. Para Morgan e Morrison (1999), os modelos caracterizam ideias fundamentais das teorias com o auxílio de conceitos com os quais os cientistas já estão familiarizados e que fundamentam a produção do conhecimento científico (JUSTI, 2015).

Para Sayão (2011), os modelos existem devido à impossibilidade cultural de se descrever os objetos com perfeição, esgotada a possibilidade de sua observação, levando a uma representatividade que possa ser qualificada, quantificada e, por vezes, observável:

Trata-se, portanto, de uma questão epistemológica, pois teorias científicas, compreendidas como criações humanas, pertencem à estrutura cognoscitiva própria da realidade humana, naturalmente limitada. Assim, o uso de ‘aproximações’ estabelece condições viáveis e facilitadoras para se chegar a determinadas explicações, de modo que diferentes aspectos do

mundo possam ser estudados e compreendidos por meio dessas aproximações (BATISTA *et al.*, 2011, p.2).

A abstração se torna concreta no momento em que um homem constrói um modelo, na tentativa de investigar o problema. O método científico consiste em idealizar teorias e modelos próximos à realidade, cabendo ao cientista se satisfazer com essa aproximação da realidade. São representações simplificadas da natureza dentro de um campo de estudo.

O modelo assume a ambiguidade de ser igual e desigual à realidade que modela. Dentro da sala de aula, ele não tem a pretensão de igualdade, há uma satisfação na proximidade que ele representa, pois ocupa o lugar de algo que ele representa. O objetivo de seu uso, muitas vezes, está na propriedade de se propor um estudo científico, cuja similaridade, por si só, é capaz de desenvolver as habilidades propostas de acordo com o procedimento requerido. Assim, fundamentalmente, a observação do modelo leva à compreensão de uma realidade parcial e demonstra a consistência de teorias científicas (DUTRA, 2005; SILVA e CATELLI, 2019).

Dentro de um contexto epistemológico, o modelo fornece evidências que devem ser analisadas, e verificadas a sua confiabilidade e especificidade. De acordo com Prestes (2013), os filósofos da ciência dizem que, para se entender a ciência, devem-se entender os modelos usados pelos cientistas, pois a “modelagem e sua testagem têm um papel dominante na atividade científica” (p.4). Ainda enfatizando a importância do modelo para as ciências, o mesmo autor descreve os modelos como “as unidades da ciência que, organizadas em famílias, constituem a estrutura das teorias científicas. Cada modelo é um mapa cognitivo individualizado representando um tipo de situação possível e determinado por relações definidas” (PRESTES, 2013, p.6). Seu uso corrobora com a transposição didática, pois é capaz de transportar o “mundo científico” para dentro da sala de aula.

A episteme da ciência foi perdendo lugar nas salas de aula, dando espaço para teorias vagas, que não possuem sentido para os alunos. Principalmente quando se perde o sentido, sendo

desvinculada do mundo cotidiano e por consequência também de qualquer realidade possível, o ensino científico foi aos poucos perdendo sua vitalidade até se transformar numa atividade essencialmente restrita à sala de aula e aos livros textos. A complexidade nas formas de apreensão da

realidade foi considerada pelos cursos científicos escolares como obstáculo pedagógico, e aos poucos abandonada. As atividades puramente teóricas tomaram-lhe o lugar por serem consensuais e terem dimensão problemática restrita: geram abundância de exercícios a partir de alguns exemplares, cujas soluções não são motivo de discussão e controvérsia na sala de aula. Isso contribuiu para aprofundar o fosso entre a ciência e o mundo (PIETROCOLA, 1999, p. 219-20).

### 2.3.2 Tipos de modelo

Quando se realiza uma busca sobre trabalhos, com a palavra-chave “modelo”, encontram-se diversas palavras correlacionadas, uma diversidade de terminologias que, segundo Aragón *et al.* (2018, p.195), está relacionada com outros objetivos da pesquisa, como exemplo, “*ensino baseado em modelos, aprendizagem baseados em modelos, ensino baseado em modelagem*”, dentre outros (grifo nosso). A autora reforça que é importante deixar claro o que se pretende com o estudo, e dar o significado correto.

A palavra ‘modelo’ remete a uma amostra, ou representação; já modelagem expressa o significado de construção, uma ação, modelar, que acompanha o processo de elaboração justificado na educação científica.

Embora não fique clara essa diferenciação entre os termos, os dois são encontrados com o mesmo objetivo, que deverá ser definido ao realizar o planejamento.

De acordo com Paz *et al.* (2006, p.160):

Os modelos são a essência das teorias e podemos classificá-los em três categorias: modelo representacional, conhecido como maquete, sendo que é uma representação física tridimensional (ex. terrário, aquário, estufa, etc.); modelo imaginário é um conjunto de pressupostos apresentados para descrever como um objeto ou sistema seria (ex. DNA, ligações químicas, etc.) e o modelo teórico, que é um conjunto de pressupostos explicitados de um objeto ou sistema (ex. sistema solar, ciclo da chuva, ciclo do carbono, etc.). Alguns modelos teóricos são expressos matematicamente.

O modelo imaginário citado por Paz *et al.* (2006) é também conhecido como modelo mental, que é a representação que se faz sobre algo, sendo estabelecido de uma relação analógica de um objeto. É importante reconhecer o modelo conceitual como um modelo imaginário, que é obtido quando um modelo é aceito por uma comunidade, e acaba por ser transformado em um objeto concreto, sempre analogamente.

Esse raciocínio analógico, de acordo com Duit e Glynn *apud* Kapras (1997, p.187), na aprendizagem construtiva é um elemento fundamental, e aprender um modelo da ciência é, na verdade, o entendimento das relações analógicas que estabelecem esse modelo. A modelagem construtiva é um processo de raciocínio integrador que emprega modelagem visual e analógica, e experiências de pensamento, criando e transformando representações informais dos problemas. Pode ser percebida como um conhecimento flexível que pode ser transferido para diferentes problemas e circunstâncias.

Para Harrison e Treagust (2010, p.5), “um benefício provável da tipologia é que ela alertará professores e escritores para as demandas conceituais dos diferentes tipos de modelo”. Os modelos podem diferir amplamente conforme as propostas feitas aos alunos.

Além dos modelos descritos por Paz *et al.* (2006), na literatura, existem outras diversas definições de modelos, assim como suas caracterizações. Para este estudo, foi definida a abordagem de modelo do tipo semântico, sobre o qual Dutra (2005) explana em seu artigo *Os modelos e a pragmática da investigação* (tabela 1).

Tabela 1: Tipos e definições de modelos e abordagens

Principais definições e abordagens sobre modelos		
Tipos de modelo		
	Autores	Descrição
Modelos icônicos	Dutra (2005, p.221)	Guardam semelhanças estruturais ou de detalhe com outras estruturas ou sistemas.
Modelo analógico	Harrison, Treagust (2000, p.1012)	Os modelos analógicos compreendem os objetos escalonados e exagerados; símbolos, equações e gráficos; diagramas e mapas; e simulações que facilitam a comunicação científica. Eles podem ser concretos, abstratos ou teóricos dependendo das necessidades do autor e público, mas, acima de tudo, os modelos devem aprimorar a investigação, o entendimento e a comunicação, tornando-se ferramentas-chave para pensar e trabalhar cientificamente.
Modelo de simulação	Harisson e Treagust (2000)	A simulação é uma categoria única de vários modelos dinâmicos. As simulações modelam processos complexos e sofisticados, como aquecimento global, reações nucleares,

		acidentes e flutuações populacionais. Elas permitem testes e desenvolvimento de habilidades sem prejudicar os envolvidos na realidade.
Modelo pedagógico	Kapras (1997, p.193)	No sentido estrito, refere-se à representação simplificada de uma ideia, objeto, evento, processo ou sistema que se constitua em objeto de estudo, com o objetivo de facilitar a compreensão significativa, por parte dos alunos, destes mesmos objetos.
<b>Abordagens dos modelos</b>		
	Autores	Descrição
Abordagem Axiomática	Batista <i>et al.</i> (2011, p.3)	Apresentam regras lógicas, ou seja, a forma lógica com que os componentes de uma teoria se relacionam para explicar determinadas observações e experimentações. Essa abordagem considera, também, que uma teoria científica é composta por duas partes: um sistema formal no sentido lógico e matemático e certos mecanismos que relacionam esse sistema com o mundo natural (regras de correspondência).
Abordagem semântica	Batista <i>et al.</i> (2011, p.3-4-)	As teorias são entendidas como famílias ou coleções de modelos, uma vez que estes são utilizados na construção das teorias. Segundo essa abordagem, há uma relação direta e necessária entre os três componentes envolvidos no processo de teorização, o saber, a teoria, os modelos e os dados (mundo).

Fonte: Arquivo pessoal

Pietrocola (1999), em seu trabalho sobre o realismo científico de Mário Bunge, faz uma relação entre objeto-modelo e objetos-reais, que, de certa forma, justifica o uso de modelos como objeto para realizar previsões, pois,

o objeto-modelo passa a representar os objetos-reais e o modelo teórico o comportamento deles. Nesse sentido, o modelo teórico é um sistema hipotético-dedutivo, uma máquina de gerar proposições a partir de proposições iniciais, ou seja, é possível realizar previsões a partir deles. As previsões são possíveis, pois, em sendo uma rede de relações dedutivas, o modelo pode extrapolar as situações para as quais foi inicialmente construído e expor propriedades e comportamentos dos objetos-modelos nele inseridos (p.223).

Observa-se que o modelo, quando teórico, é capaz de criar condições para o teste de hipóteses e assim ser utilizado em sala de aula.

### 2.3.3 Modelos no contexto educativo

Alguns conceitos a serem ensinados são relativamente abstratos, principalmente os fenômenos científicos, dessa forma, os professores precisam lançar mão de algumas estratégias, como exemplos, esquemas e até mesmo produção de modelos (GÖDEK, 2004).

Um modelo é uma obra de ficção. “Algumas propriedades atribuídas aos objetos do modelo vão ser propriedades genuínas dos objetos modelados, mas outras vão ser apenas propriedades de conveniência” (DUTRA, 2005, p.19). A escolha sobre qual modelo utilizar deve se basear em qual finalidade pretende alcançar naquele momento, de quais recursos dispõe e o tempo necessário para aquela prática de ensino.

O modelo pedagógico para Kapras (1997, p. 9) “se refere à representação simplificada de uma ideia, objeto, evento, processo ou sistema que se constitua em objeto de estudo, com o objetivo de facilitar a compreensão significativa, por parte dos alunos, destes mesmos objetos”.

Harisson e Treagust (2000) relatam que fenômenos científicos não podem ser reproduzidos em sala, e os modelos já são processos disponíveis e acessíveis, sendo uma importante estratégia de ensino construtivista. Os autores ressaltam, também, a importância de se observar o modo pelos quais os alunos constroem, manipulam e interpretam esses modelos científicos nas aulas de ciências.

Ainda sobre a importância de se utilizar modelo em aulas:

Mas modelos não são 'respostas certas', mas eles são os métodos e os produtos da ciência e é completamente impossível ensinar e aprender ciência sem usar modelos. Como podemos descrever ou explicar átomos, genes, reações químicas ou deriva continental sem usar um ou mais modelos? (HARISSON e TREAGUS, 2000, p. 1013).

Para Gödek (2004, p.56), “ os modelos são pontes poderosas que fazem fenômenos desconhecidos parecerem mais relevantes no Ensino de Ciências [...], sendo ferramentas extremamente úteis no processo ensino-aprendizagem”, pois,

Modelar é o ato ou processo de criar modelos para um fenômeno ou evento através da seleção, interpretação de conceituação e integração de aspectos relevantes para descrever e explicar o comportamento do sistema. Os modelos criados são submetidos a um ciclo de teste, revisão

e reelaboração, até produzir descrições e explicações satisfatórias para o fenômeno (FERREIRA, 2006, p. 1).

A utilização de modelos em sala de aula pode ser compreendida como *fazer ciências*, pois, a partir de uma situação específica, os alunos são estimulados a colocar em prática uma ideia, um modelo mental e, conseqüentemente, devem construir um modelo análogo concreto, assim criando, expressando e testando os modelos.

As habilidades descritas por Ferreira (2006) em sua dissertação, como opinião e escolha, capacidade criativa ou artística, conceituação e integração de aspectos e a interpretação, são habilidades preponderantes para obtenção de sucesso na elaboração.

Diversos autores como Harisson e Treagust (2000), Gödek (2004), Ferreira (2006) e Prestes (2013) alertam sobre um perigo na utilização de modelos no ensino: corre-se o risco de os alunos acharem que o modelo corresponde à realidade e não a uma aproximação desta. Além disso, o aluno pode ver a ciência como algo não confiável. Cabe ao professor desfazer essa falsa analogia, por meio de explicações e comparações, caso contrário, o modelo será ineficaz nesse contexto. É papel do professor garantir que os modelos usados nas salas de aula de ciências estimulem os alunos a investigarem e, conseqüentemente, a construir seus conhecimentos (Gödek 2004, p. 57). Desta forma,

Com efeito, uma das possibilidades de se obter uma visão mais abrangente e consistente sobre a modelização e sua relação com a aprendizagem é entendê-la como um processo de negociação entre os modelos da ciência e os modelos dos alunos (SETÚVAL; BEJARANO, 2009, p.4).

Os pesquisadores Justi e Gilbert (2002) elaboraram um esquema (figura 2), conhecido como “Modelo de Modelagem”. Trata-se de um diagrama que cumpre o papel descrito por Alves (2012):

O diagrama não é um modelo rígido, uma vez que as etapas podem ocorrer em diferentes ordens (como enfatizado pelas setas duplas). O diagrama é uma das possibilidades de processo de modelagem que pode ser usado como orientador na elaboração de atividades fundamentadas nessa estratégia de ensino (ALVES, 2012, p.24).

Este diagrama contém passos baseados no processo científico do se fazer ciência, que auxiliam os alunos na construção do seu modelo a partir da elaboração de um modelo mental.

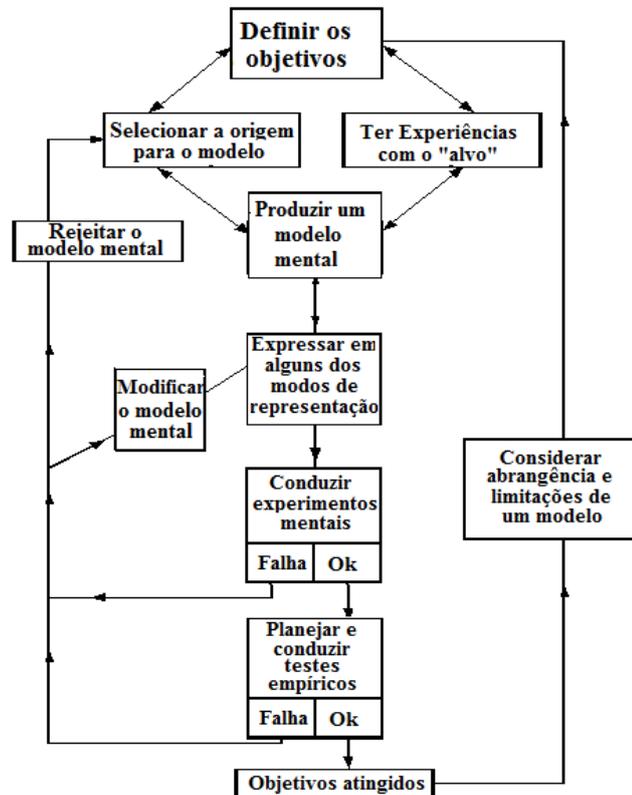


Figura 2: Diagrama de modelo de modelagem  
Fonte: Justi e Gilbert, 2002, p. 357

A atividade de modelagem consiste na dualidade Modelo da Ciência e Modelo do Aluno. Modelo da ciência é a teoria, um conhecimento produzido a ser ensinado, já o modelo dos alunos é a expressão da compreensão da teoria, ou seja, o modo pelo qual o aluno interpreta e expressa certa teoria. Além disso, Oliveira *et al.* (2003, p.3) descrevem o uso de mais dois tipos de modelos,

o aluno como modelizador pode distinguir dois aspectos complementares do modelo que, necessariamente, se encontram presentes no processo de modelização: o modelo teórico e o modelo empírico. O modelo teórico está relacionado ao caráter hipotético. O modelo empírico é resultado de um tratamento de dados, tendo por base o modelo teórico.

Quando pensamos em como ensinar, anteriormente pensamos em *o quê?* e *para quê?*. Se dentro do planejamento o professor de Ciências decidir usar o modelo

como ferramenta didática, ele deve se questionar acerca dos seus objetivos e questionar, também, o seu uso. Pietrocola (1999, p.225) selecionou alguns questionamentos realizados por Martinand (1996): “*o que se faz modelizando? Em que isto contribui? Como isto funciona no pensamento científico? Que tipos de atividades específicas podem ser propostas em sala de aula?*” E acaba por responder a essas perguntas utilizando os conceitos de Bunge sobre os modelos (p.225):

1. se modeliza visando apreender o real;
2. todo modelo científico se traduz como um incremento à compreensão da realidade do mundo;
3. assim como na ciência, a construção de modelos é resultado de um processo criativo, mediado pelos/e entre os homens pela ação da razão;
4. a sala de aula deveria conter atividades de onde se passasse de um real imediato (forjado pelo senso comum) a um real idealizado pela ciência.

## 2.4 TERRÁRIO E MODELO

Em uma pesquisa sobre o uso de terrário como modelo, a fim de compreender ‘como ocorre’ e ‘se ocorre’ a associação ‘modelo-terrário’, percebeu-se em diversas bases de dados nacionais e internacionais – *Scielo, Eric e Scholar* –, utilizando o descritor [terrário] entre os anos de 2000 a 2019, que existem várias publicações; porém, quando associados a outros descritores, como: [modelo], [modelização + ensino], a quantidade vai diminuindo drasticamente, chegando até zerar as publicações em algumas bases de dados, como o *Scielo*.

Foram encontradas poucas publicações de apoio ao professor, destacando-se duas produções pela Secretaria de Educação do Estado do Paraná como parte do PDE (Plano de Desenvolvimento Educacional): “O terrário como instrumento organizador da aprendizagem em Ciências da 8ª série (9º ano)” (BOTELHO, 2009); nessa publicação, a autora aborda, além das etapas de construção do terrário, até as propriedades do vidro que é utilizado, visto que seu intuito foi demonstrar a articulação entre os conhecimentos físicos, químicos e biológicos. Já na segunda publicação de estudantes da UEM – Maringá, foram encontradas sequências didáticas diferentes, utilizando o terrário no contexto do Ensino Investigativo.

Especificamente abordando a temática ‘terrário e modelo ou modelagem’, destacam-se os seguintes artigos: *Construindo um terrário e reconstruindo modelos mentais em discussões na epistemologia* (PORTUGAL; SANTANA; BEHRIN,

2017), no qual os autores analisam a relação entre a construção do terrário e os modelos mentais elaborados pelos alunos; e a pesquisa de Rosa (2009), *Terrários no ensino de ecossistemas terrestres e teoria ecológica*, no qual ela utiliza experiências de professores da 6ª série do ensino fundamental, que fizeram do terrário um modelo de ecossistema terrestre.

Foi perceptível, nessa busca, que a ênfase na utilização do terrário se baseia praticamente no Ensino Investigativo e não no processo de modelização, que também é um dos objetivos deste trabalho.

Dentro da classificação de Stachowiak *apud* Sayão (2001), o modelo ainda pode apresentar três características: mapeamento, redução e pragmatismo; que, dentro do contexto, podem ser atribuídas ao terrário:

- i) mapeamento - representa algo original: o terrário constitui a representação de um ecossistema;
- ii) redução - mapeia os atributos mais importantes: reduz um local com a composição similar (fatores bióticos e abióticos);
- iii) característica de pragmatismo - é capaz de “substituir” o real, quando este não pode ser observado/manipulado: o terrário pode ser usado quando não há possibilidade de observação e manipulação da realidade.

De acordo com Pietrocola (1999, p.220), “os alunos devem ser incentivados a perceber que o conhecimento científico ensinado na escola serve como forma de interpretação do mundo que os cerca, sendo uma forma de lidar com a dimensão de realidade do mundo”. Assim, o uso do terrário abre precedentes para a compreensão de fenômenos que não podem ser testados na natureza, permitem tornar o mundo real em uma forma mais familiar, simplificada, acessível, observável e controlável, assim os alunos podem tirar suas conclusões.

O terrário é um **modelo analógico semântico**, pois se trata de um modelo tridimensional de um ecossistema, sendo que a sua construção em sala é concebida por um envolvimento entre um modelo da ciência (científico) e um modelo dos alunos (conceitual), levando o conceito de ecologia - ciclo de matéria, cadeia alimentar e efeito estufa – e modelagem a uma transposição didática. Além da visualização, esse tipo de modelo é capaz de proporcionar a testagem e, conseqüentemente, a investigação, visto que é influenciado por variáveis constituintes que podem ser manipuladas de acordo com o objetivo didático.

O modelo terrário é capaz de abordar diversos conceitos dentro do contexto *ecologia*, pois, tratando-se de um ecossistema fechado e de como ele está estruturado, permite várias abordagens conceituais. Alguns conceitos e questionamentos são tidos como universais dentro da abordagem de um sistema fechado, sendo já esperados:

- i) conceitos dos ciclos biogeoquímicos - ciclo da água;
- ii) interferência da luminosidade no crescimento de vegetais;
- iii) animais conseguiriam sobreviver nesse local?
- iv) conceitos de sucessão ecológica;
- v) variações físicas e químicas do solo.

Para se trabalhar com modelos, principalmente no ensino básico, o professor não deve criar expectativas sobre a total representação teórica do modelo. É importante ter em mente que

Como todo modelo contém uma certa dose de “aposta”, a sua falibilidade deve ser constantemente considerada. Nesse sentido, a confiança nos modelos deve ser criticamente guiada por testes e previsões. Assim, os mecanismos hipotéticos só ganhariam status de “coisas reais” quando pudessem de alguma forma receber confirmação empírica (PIETROCOLA, 1999, p.224).

Rosa (2009), em seu estudo, refuta o uso do terrário como modelo para explicar a Teoria Ecológica, pois, para a autora, essa utilização viola alguns princípios, não se respeitam escalas e não se identifica um tipo específico de microssistema. A autora concluiu em seu trabalho, “que o Terrário, nas aulas de Ecologia, é um recurso questionável, pois não serve como modelo nem como ilustração do ecossistema terrestre” (ROSA, 2009, p.101). Para a autora, o objetivo não foi alcançado, portanto, não recomenda o uso didático por não reproduzir corretamente a Teoria Ecológica. Em pesquisas realizadas sobre os tipos e funções dos modelos e uso didático, é possível encontrar várias referências para se discordar da autora sobre o papel de modelos.

Primeiramente, os modelos atuam como um recurso didático, como um “dublê”, sem a pretensão de atender a todas as teorias (Batista *et al.*, 2011). “Os modelos analógicos podem ser de valor didático e heurístico considerável, mas não

são essenciais para a formulação e a aplicação de uma teoria” (DUTRA, 2015, p.211).

Para Sayão (2001, p.86),

um modelo é antes de mais nada uma representação de **um recorte da realidade**, que, de acordo com a sua **função utilitária** e por meio do seu modo de expressão, sua estrutura e suas igualdades e desigualdades em relação ao seu original, tenta comunicar algo sobre o real. (grifo nosso)

Além de estudo sobre um modelo representacional, os modelos mentais são importantes na construção do conhecimento. Como modelo mental,

o terrário se mostrou não somente como uma alegoria didática na medida em que foi um ponto de transposição didática trazendo empolgação e curiosidade dos alunos, que no contato com este objeto de estudo, foram confrontados a reconstrução de modelos mentais (PORTUGAL; SANTANA; BEHRIN, 2017, p.42).

Guilbert e Bouter (1998) acreditam que os modelos formam uma ponte entre teoria e comportamento, dessa forma, são capazes de promover hipóteses a serem testadas empiricamente, além disso, destacam que “as pesquisas mostram que estudantes constroem narrativas de seus professores: é inevitável que a noção do que é modelo faça parte dessa divergência” (p.17).

### 3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Neste capítulo 3 –, discorrer-se-á sobre a caracterização do sujeito de estudo e o ambiente de pesquisa, descrevendo-se os procedimentos para coleta e análise de dados e apresentando a sequência de Ensino Investigativa adotada durante o desenvolvimento da pesquisa.

#### 3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

A pesquisa caracteriza-se como qualitativa, já que todo o processo desenvolvido é levado em consideração, ou seja, como se dá a construção do conhecimento a partir do uso da metodologia de Ensino Investigativo com uso de um modelo didático-científico. O intuito de uma pesquisa qualitativa é de compreender e aprofundar em fenômenos que são explorados a partir da perspectiva dos participantes em um ambiente natural em relação ao contexto (SAMPLERI, 2013).

Para tal desenvolvimento, a pesquisa participante ou observação participante foi a metodologia empregada, sendo, a pesquisadora, a docente da turma e quem conduziu a pesquisa dentro do formato requerido.

Optar por uma pesquisa participante consiste em escolher uma metodologia que tem ocupado um lugar de destaque na educação (ANDRÉ, 2007). Esse tipo de análise possibilita, ao pesquisador, utilizar a metodologia como método principal ou não de investigação, podendo associar a outros tipos de coleta, que proporcionam um contato direto com o seu objeto de estudo e seus participantes (LUDKE; ANDRÉ, 1986). Quando pensamos em aula, automaticamente associamos alunos, conteúdo, metodologia e didática, sendo estes itens indissociáveis na prática docente; desta forma, cabe ao professor enquanto pesquisador fazer uma autoanálise de sua prática, utilizando esse tipo de metodologia.

Brandão e Borges (2007, p.56-7) destacam o papel social da pesquisa participante tendo alguns propósitos, sendo aqui destacados dois:

- i) Em suas variedades e variações, as abordagens participativas respondem de maneira direta às finalidades práticas e sociais a que se destinam, como um meio de conhecimento de questões sociais a serem participativamente trabalhadas.

ii) Elas pretendem ser instrumentos pedagógicos e dialógicos de aprendizado partilhado; possuem organicamente uma vocação educativa e, como tal, politicamente formadora.

A aplicação de uma pesquisa participante, para ter validade científica, deve seguir certos padrões e contar com um rigor científico para não se tornar uma simples observação casual. Assim,

O estudo exige planejamento e apoio em fundamentos teóricos para ter significado científico, possibilitando a não identificação de elementos desnecessários para o estudo definido e minimizando a influência do observador durante as análises, pois não é possível eliminá-la por completo pelo fato de existir uma presença naquele espaço (TEIXEIRA, 2015 p. 14).

A metodologia do Ensino por Investigação, utilizada para construir a sequência investigativa proposta neste trabalho, teve como ponto de partida o desenvolvimento proposto por (Carvalho, 2012), no qual um problema é proposto, discutido e, havendo um levantamento de hipótese, esta é testada e discutida novamente (Figura 3).

Essa sequência de Ensino Investigativa (SEI) permitiu ao pesquisador participante explorar a questão científica dentro da sala de aula por meio de intervenções pontuais, orientando os alunos na busca de respostas das questões levantadas.

A SEI foi enquadrada dentro do grau 4 de liberdade intelectual (CARVALHO, 2018) proposto ao aluno, pois a turma apresenta certa maturidade e já está acostumada a processos de Ensino Investigativo com demanda de produção de relatórios. Sendo o professor, propositor do problema a ser investigado, auxiliando os discentes em alguns momentos o processo, levando-os a conquistar suas próprias conclusões.

O modelo terrário é capaz de abordar diversos conceitos dentro do contexto ecologia, pois, tratando-se de um ecossistema fechado e como ele está estruturado, permite várias abordagens conceituais. Espera-se que, com base nos conceitos teóricos pré-estabelecidos sobre ecologia, surjam indagações que poderão ser analisadas durante as aulas.

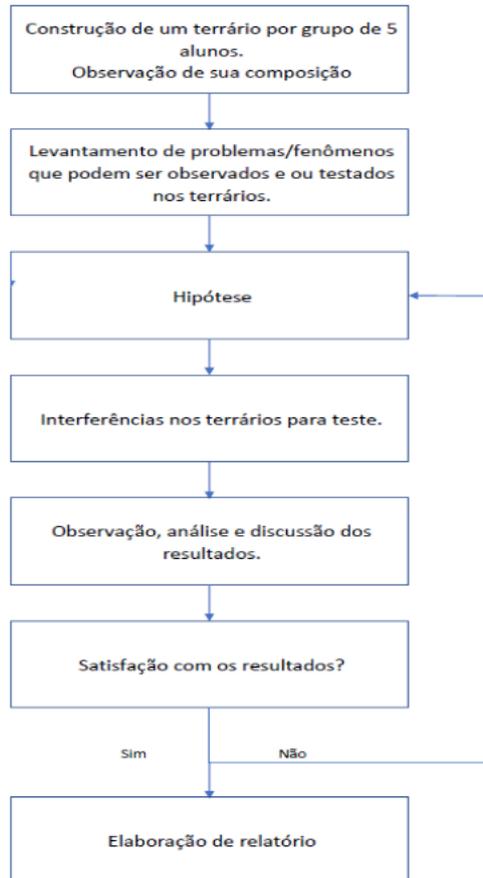


Figura 3: Desenvolvimento da metodologia  
Fonte: Arquivo pessoal

### 3.2 SUJEITO DE ESTUDO E AMBIENTE DE PESQUISA

A pesquisa foi realizada com 41 alunos da 1ª série do Ensino Médio Integrado com o Meio Ambiente (Etim) da ETEC Cônego José Bento, localizada no município de Jacareí-SP. As atividades foram aplicadas nas aulas da disciplina Dinâmica de Sistemas, cuja professora é a pesquisadora deste trabalho. Nesta disciplina estão dispostos conteúdos referente ao ensino de ecologia com abordagem prática com aulas de campo e de laboratório.

Os alunos apresentavam a idade 14-16 anos, sendo selecionados por meio de um processo seletivo denominado de Vestibulinho.

Por se tratar de uma disciplina com atividades práticas, o regimento do Centro Paula Souza permite a divisão de sala em duas turmas, para um melhor desenvolvimento da aula; sendo assim, todas as etapas ocorreram em duas turmas,

turma A e B, com 21/20 alunos respectivamente; logo, toda a pesquisa se repetiu em turma A e B.

### 3.3 COLETA DE DADOS

A coleta de dados se deu por meio da observação direta, gravações de áudio e vídeo, e diário de bordo dos alunos.

O diário de bordo é um recurso de anotações, onde os alunos inserem detalhes pertinentes de um projeto. Neste projeto, foi solicitado que cada aluno realizasse, de modo individual, um diário de bordo, de preferência elaborado manualmente, descrevendo seu trajeto no decorrer do processo de modelização. Esta função de local de registro corrobora com as ideias de Oliveira, Gerevini e Strohschoen (2019 p.123), ao descreverem que o diário de bordo:

pode ser utilizado para o acompanhamento do desenrolar de projetos de pesquisa em sala de aula, juntamente com a construção de mapas conceituais, com relatórios, etc. [...] é o local de registro das metas de investigação, onde devem constar além dos dados de identificação do estudante, o local e data das atividades, descrição de atividades, fotos, reflexões, crítica e comentários, bem como as investigações da pesquisa. O ideal é que sejam feitos os registros à mão, evitando as colagens de pesquisas.

Como foram registradas as informações pertinentes ao aluno, obteve-se dados importantes de como compreenderam o processo de modelização, e esses dados foram analisados e categorizados.

### 3.4 ANÁLISE DE DADOS

A análise de dados foi realizada por meio da Análise de Conteúdo (AC) de acordo com Bardin (2016), buscando identificar as percepções dos alunos acerca do tema, da problemática e do caminho percorrido no desenvolvimento da investigação científica e uso de modelos. O mesmo processo foi utilizado para a análise das aulas investigativas e para análise dos diários de bordo. “A Análise de Conteúdo é um conjunto de técnicas de análise das comunicações [...] sendo

marcada por uma grande disparidade de forma e adaptável a um campo de aplicação muito vasto: as comunicações” (BARDIN, 2016 p. 37).

Para tal, “utiliza procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição de conteúdo das mensagens” (BARDIN, 2016 p. 44).

A AC tende a compreender em profundidade o que realmente a mensagem transmite. Surgiu no jornalismo e, atualmente, é utilizada em diversas áreas, inclusive na educação, fornecendo uma análise de dados geralmente de natureza qualitativa.

A comunicação pode ser expressa de diversas formas, estando presente em todas as relações interpessoais, sendo representada por códigos *linguísticos, icônicos ou semióticos*. Na aplicação de uma sequência de Ensino Investigativa, ou qualquer atividade em sala, cujo interesse do professor seja de analisar o conteúdo produzido pelos alunos seguindo essa metodologia, esse profissional deve se atentar a todos esses códigos, compondo, assim, um repertório que lhe dê subsídios para analisar o resultado de sua aula. É claro que esse processo de AC não é tão simples e requer um profundo planejamento, exigindo do analista uma percepção clara e livre preconceitos que possam influenciar a sua análise.

Um fator muito importante para essa análise é a criação de fragmentação da comunicação, é ela que direcionará o trabalho, sendo criada a partir do fenômeno estudado, a fim de responder à pergunta de pesquisa. Para tal, as informações da mensagem devem ser tratadas para uma análise de significados (descrição analítica), com um rigor descritivo e sempre com uma objetividade científica. Após essa criação de fragmentação, o próximo passo é realizar a análise de categoria, que consiste em criar categorias de acordo com critérios estabelecidos e buscar no texto os signos a serem alocados nessas categorias. Com essas categorias já abastecidas de informações, chega a hora da inferência, um conjunto de técnicas de análise de comunicações que utiliza procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição de conteúdo das mensagens. Posteriormente, esses dados são descritos e interpretados.

O descritivo feito no parágrafo anterior se encontra dentro das etapas enumeradas por Bardin (2016, p. 95), que estabelece três fases que se organizam cronologicamente no desenvolvimento da análise, e que acabam por se subdividirem em outras (Figura 4).

- i) Pré-análise;
- ii) Exploração do material;
- iii) Tratamento dos resultados e interpretações.

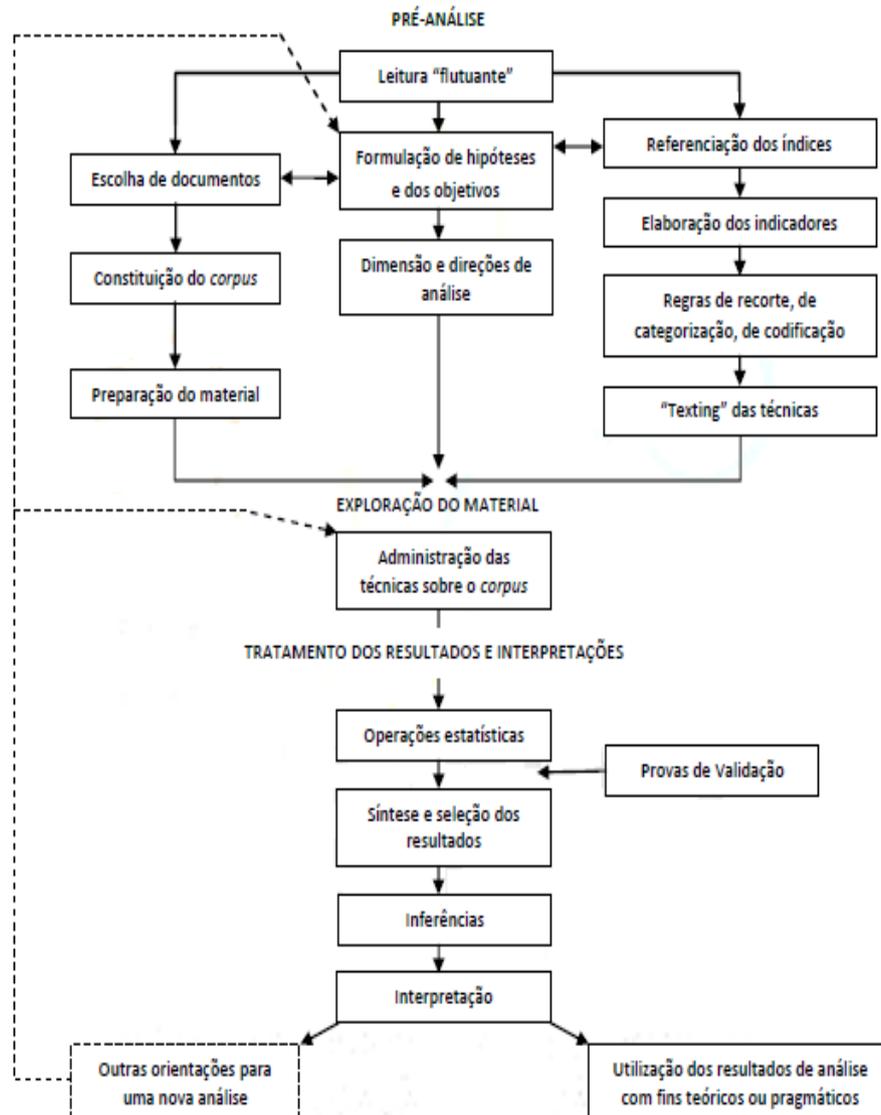


Figura 4: Fases da análise de conteúdo  
 Fonte: Bardin, 2016 p. 132

### 3.5 SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVA

Para a participação na pesquisa, os alunos e seus responsáveis assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido – TCLE e o Termo de Assentimento Livre e Esclarecido – TALE. A participação foi opcional, porém, todos alunos

participaram. A pesquisa teve aprovação do CEP - Comitê de Ética e Pesquisa - número 3.846.080, além da autorização do Centro Paula Souza.

Como a pesquisa se apoia no Ensino de Ecologia e foi aplicada nas aulas de Dinâmica de Sistemas, em um curso Técnico em Meio Ambiente Integrado ao Médio, a abordagem teórica do conteúdo já fora desenvolvida ao longo do ano letivo, tendo como conteúdo principal a ecologia.

Ademais, o significado do que é ciência fora abordado em aulas anteriores, nas quais o experimento *Objeto na Caixa (anexo)* foi desenvolvido com o intuito de apresentar passos sobre a metodologia científica, visto que, constantemente, os alunos do curso Técnico em Meio Ambiente realizam práticas de laboratório e investigações *in loco*, mas não se atentam a como essas práticas se relacionam com as etapas do desenvolvimento do conhecimento científico, ou melhor, com a Epistemologia da Ciência.

A SEI foi desenvolvida dentro do Laboratório de Meio Ambiente da escola, que conta com bancada e recursos materiais para atender às necessidades que venham a surgir para a realização dos testes. Esse laboratório está de acordo com as normas de segurança, e embora o uso de terrário não envolva nenhum risco ao aluno, as aulas, por acontecerem nesse local, requerem que seja seguido o protocolo de segurança vigente da escola, como o uso de EPI – equipamento de proteção individual – por exemplo.

Os seguintes tópicos em Ecologia foram pré-selecionados pela pesquisadora para abordagem investigativa, visto que são passíveis de observação dentro do modelo terrário:

**Tema 1:** fotossíntese;

**Tema 2:** efeito estufa;

**Tema 3:** sucessão ecológica;

**Tema 4:** chuva ácida.

Desta forma, os alunos conduziram testes, inferências e observações nos modelos construídos por eles, a partir das seguintes situações-problema e ou pergunta (tabela 2):

Tabela 2: Situação-problema ou pergunta sobre o tema

TEMA	SITUAÇÃO PROBLEMA / PERGUNTA
Fotossíntese	Caso o terrário seja colocado em ambiente pouco iluminado, haverá alteração no vegetal?
Efeito estufa	O efeito estufa acontece devido à retenção de calor pela camada de gases estufa, e o excesso pode ocasionar um aumento de temperatura. Em nosso modelo seríamos capazes de simular esse efeito? Quais seriam as consequências?
Sucessão ecológica	Surgirão novas plantas nesse ecossistema? O que acontecerá com o terrário se não for feita nenhuma interferência?
Chuva ácida.	A precipitação da chuva com um pH ácido tem afetado muito o nosso ecossistema ultimamente. Essa chuva é causada pela combinação na atmosfera de óxidos e água. Em nosso modelo seríamos capazes de simular esse efeito? Quais seriam as consequências?

Fonte: Arquivo pessoal

Os problemas e as perguntas de pesquisa compõem uma etapa essencial no Ensino Investigativo bem como no fazer Ciência, e estão relacionados com problemas ambientais.

Nesta SEI, a apresentação da situação-problema (tabela 3) foi de modo textual e entregue ao grupo após o sorteio das perguntas-tema.

Cada turma foi dividida em dois grupos de participantes, sendo construído um terrário por grupo, mais um a ser utilizado como controle, totalizando cinco terrários a serem utilizados nesse projeto.

As diferentes etapas para análise de resultados foram organizadas em Etapas de Ensino e desenvolvidas de acordo com o andamento da SEI, que se contata com etapas similares propostas por Carvalho (2018):

**Aula 1: Modelagem do terrário** – A montagem se baseou na metodologia proposta pelo Módulo Ciência e Ambiente – Como montar um terrário, disponível no site da Ciência à Mão, da USP<sup>3</sup>. Neste primeiro momento ocorre a modelização, que se enquadra parcialmente na primeira etapa segundo Carvalho, pois ocorre a

<sup>3</sup> COMO MONTAR UM TERRÁRIO? **Módulo escola e Meio Ambiente**. Ciência à mão USP. Disponível em: <[http://www.cienciamao.usp.br/tudo/exibir.php?midia=ema&cod=\\_1-1](http://www.cienciamao.usp.br/tudo/exibir.php?midia=ema&cod=_1-1)>. Acesso em: 07.ago.2019.

*distribuição do material experimental*, ou seja, a modelização do terrário nesse primeiro momento.

**Aula 2: Proposta de investigação** – Realização da interferência no modelo após o período de estabilização do terrário. O tema foi dirigido ao grupo de acordo com o sorteio realizado. Para tal, os alunos realizaram discussões e, após a decisão coletiva, partiram para o experimento, utilizando seus conhecimentos prévios, bem como o auxílio da professora. Alguns materiais estavam disponíveis no laboratório para uso. A presente etapa corrobora com a segunda preposição de Carvalho – *resolução do problema pelos alunos* – desta forma a ação manipulativa fez-se presente, ficando os alunos livres para trabalhar, juntamente com a terceira preposição – *sistematização dos conhecimentos elaborados nos grupos* – que na verdade não aparece apenas nesse momento, mas também na próxima etapa, pois ocorre a passagem da ação manipulativa para intelectual em todos os momentos desta SEI, bem com as discussões e proposições de hipóteses e testes.

**Aula 3: Análise dos resultados e conclusão** – para análise e conclusão, foram realizadas observações e mensurações no modelo. Este é um momento final de sistematização do conhecimento no qual os alunos são levados analisar os resultados de seus testes, descrevendo-os juntamente com seus colegas. Posteriormente os alunos confeccionaram o Diário de bordo, um momento de aprendizagem individual, chamado por Carvalho de *etapa do escrever e desenhar*.

### 3.6 INTELIGÊNCIAS MÚLTIPLAS

Pode-se destacar algumas das inteligências múltiplas desenvolvidas durante a aplicação desta SEI ao longo do processo de ensino e aprendizagem de Ciências (tabela 3), especificamente as desenvolvidas com o Terrário como modelo didático-científico.

Tabela 3: Inteligências Múltiplas contempladas no uso de modelo

Inteligências	Definição	Relação com o objetivo da dissertação
Verbal-linguística	Manifesta-se no uso da linguagem verbal, é a	Discussões referentes aos problemas propostos;

	capacidade de reter informações, de usar a palavra escrita ou falada para expressar-se.	Redação de relatórios e diário de bordo; Definição de hipóteses e argumentos.
Lógico-matemática	Capaz de formar um modelo demonstrado através do manejo de longas sequências lógicas e de realizar trabalhos que envolvam cálculos.	Calcular o tempo de vida útil do terrário; Fazer dedução acerca dos fenômenos ocorridos.
Espacial	É a capacidade de formar um modelo mental de um mundo espacial e de ser capaz de manobrar e operar utilizando esse modelo.	Utilização do modelo físico e relação mental com um ambiente natural.
Corporal-sinestésica	Capacidade de resolver problemas ou elaborar produtos utilizando o corpo de uma forma total ou partes dele.	Manipulação do terrário. Percepção de temperatura e umidade.
Interpessoal	Capacidade de compreender outras pessoas, o que as motiva, como elas trabalham, como trabalhar cooperativamente com elas, etc.	Relação com os demais componentes do grupo.
Intrapessoal	Capacidade correlativa, voltada para dentro de si. Uma capacidade de formar um modelo acurado e verídico de si mesmo e de usar esse modelo para operar efetivamente na vida.	Realização de autoavaliação sobre a postura e participação durante o projeto.
Naturalista	Está relacionada com a sensibilidade da pessoa para com o meio ambiente. Sendo sensível ao mundo natural.	Percepção ambiental e importância do ecossistema para a manutenção da vida.

Fonte: Adaptado de Abreu (2002)

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Primeiramente, é importante destacar alguns fatores relevantes que influenciaram na intervenção, coleta e continuidade da aplicação das atividades planejadas.

O comportamento dos alunos durante as atividades em sala tornou o ambiente ruidoso, além de problemas que ocorreram na aparelhagem de gravação, tornando alguns discursos inválidos para transcrição. Desta forma, alguns problemas propostos aos grupos não foram transcritos.

Para este trabalho, o modelo escolhido é o analógico com abordagem semântica, que conceituamos de modelo didático-científico, pois cabem algumas inferências e interferências.

Como já apresentado em vários trabalhos realizados pela pesquisadora Anna Maria Pessoa de Carvalho e seus colaboradores, o Ensino Investigativo é capaz de promover uma aprendizagem significativa, que, além de contribuir para o desenvolvimento de uma alfabetização científica, promove a capacidade de reflexão e argumentação, sendo estas habilidades imprescindíveis para a vivência em sociedade, tornando o aluno capaz de se posicionar frente às adversidades vividas.

Desta forma, foram criados Etapas de Ensino, nos quais o aluno se torna protagonista e autor da construção do conhecimento, e o professor, um orientador e facilitador do processo. Com o intuito de observar a construção da Ciência dentro de um contexto pedagógico coletivo, esses eventos foram divididos em três etapas (tabela 4) as aulas gravadas foram transcritas e exaustivamente analisadas.

Tabela 4: Distribuição das etapas de ensino e as atividades propostas

<b>ETAPA 1: MONTAGEM DO TERRÁRIO</b>			
<b>AULAS</b>	<b>OBJETIVOS GERAIS</b>	<b>RECURSOS</b>	<b>ESTRATÉGIAS</b>
02	Montagem do terrário; Comparação com ecossistema natural.	Plantas diversas; Vidro grande com tampa; Areia, rochas, solo da horta da escola.	Aula dialogada; Discussões sobre os materiais e suas respectivas funções no ecossistema.
<b>ETAPA 2: REALIZAÇÃO DA INTERFERÊNCIA</b>			
<b>AULAS</b>	<b>OBJETIVOS GERAIS</b>	<b>RECURSOS</b>	<b>ESTRATÉGIAS</b>
02	Formulação do experimento para observação do problema proposto.	Cada grupo buscou os recursos necessários disponíveis no laboratório para realização do experimento.	Proposição de problemas a serem testados; Discussão por parte dos alunos para recriar a problemática.

			Experimentação; Observação; Coleta de dados.
<b>ETAPA 3: ANÁLISE DOS RESULTADOS E CONCLUSÃO</b>			
<b>AULAS</b>	<b>OBJETIVOS GERAIS</b>	<b>RECURSOS</b>	<b>ESTRATÉGIAS</b>
02	Elaborar a conclusão do experimento.	Disponíveis no laboratório para análise desta etapa se necessário.	Observação; Coleta de dados. Interpretação dos resultados.

Fonte: Arquivo pessoal

A categorização foi realizada *a posteriori*, ou seja, após a realização da pré-análise e exploração dos materiais coletados – diário de bordo e transcrições - segundo Bardin (2016), as etapas foram separadas e categorias foram criadas de acordo com os objetivos desta pesquisa, visando perceber a relação modelos e epistemologia, bem como as etapas de investigação para a construção de conceitos relacionados a ecologia. A tabela 5 apresenta as categorias e seus respectivos descritores, as siglas que são utilizados ao longo dos resultados, facilitando a identificação.

Tabela 5: Categorias e descritores

Categoria	Descritor	Siglas
Relação com a realidade	O aluno encontra correlação entre materiais/fenômenos do terrário com o ambiente externo.	<b>(RR)</b>
Adequação do modelo	São realizadas adequações no modelo para atender determinadas necessidades ao longo das aulas.	<b>(AM)</b>
Problema	Levantamento de problemas e questionamentos.	<b>(PB)</b>
Discussão em grupo	Conversa entre os pares do grupo a fim de estabelecer ações e conclusões.	<b>(DG)</b>
Hipótese	Levantamento de hipóteses sobre fenômenos.	<b>(HP)</b>
Dados/registros	Dados coletados e registrados.	<b>(DR)</b>
Observação	Fenômenos percebidos.	<b>(OB)</b>
Conclusão	Conclusões elaboradas.	<b>(CO)</b>

Fonte: Arquivo pessoal

Trechos aleatórios da transcrição são apresentados como exemplos dos

resultados obtidos nessa etapa, o aluno sendo identificado como (Al) e numerados de 1 à 41 e professora como (Prof), com destaque em negrito para conceitos ou palavras-chave levados em consideração nessa categorização. Já os resultados referentes ao diário de bordo se mostram em formato de figura, ora transcrito, para se diferenciarem das transcrições das aulas. As imagens foram inseridas conforme a sequência das transcrições, de modo que os resultados ficassem agrupados de acordo com a problemática analisada pelo grupo.

Os resultados obtidos a partir das transcrições dos áudios foram agrupados em trechos para possibilitar a análise da frase ou do diálogo selecionado. Alguns trechos foram categorizados com a indicação das respectivas categorias entre parênteses. Os trechos foram numerados e sequenciados de acordo com os temas.

A análise dos diários de bordo gerou recortes importantes, que exemplificam as categorias. Alguns recortes apresentam considerações interessantes sobre a ação de modelagem, assim como as ilustrações que enriquecem o entendimento desse procedimento.

#### 4.1 ETAPA 1 - MODELAGEM DO TERRÁRIO

Nesta primeira etapa de ensino, realizamos o processo de modelagem do terrário. Em aula anterior, solicitei aos alunos que levassem plantas pequenas para compor a parte vegetal. Os recipientes de vidro foram doados por um aluno da turma, já a areia e fragmentos de rochas estavam disponíveis no almoxarifado do Curso, que sobrara de experimentos anteriores. O solo foi coletado da horta da escola, trata-se de um solo fértil, próprio para plantio. Juntamente com ele, os alunos coletaram minhocas e dividiram entre os grupos.

Com todos os materiais disponíveis já no laboratório, iniciei o processo de montagem, sempre questionando os alunos acerca das funções de cada material e qual a correlação deles com o ambiente natural. Além de meus questionamentos, os alunos foram estimulados a observar e questionar todo o procedimento, desta forma, as categorias de análise de conteúdo foram emergindo conforme o processo de modelagem foi ocorrendo.

Devido à grande quantidade de informações coletadas, apenas alguns trechos e recortes do diário de bordo foram escolhidos para compor os resultados,

que seguem organizados de acordo com as etapas de construção, agrupados em temas.

O primeiro questionando que fiz à turma foi sobre o motivo de se utilizar tais materiais e quais seriam suas respectivas funções, discussão essa que está narrada nos trechos 1 e 2, onde se percebe que os alunos associam a modelagem desse processo com a forma de recriação de um ambiente e seus respectivos constituintes.

Trecho 1:

Prof: Por que eu trouxe terra, a pedra e a areia?  
Al 3: Para **recriar um ambiente. (RR)**

Trecho 2:

Prof: A rocha mãe é permeável ou impermeável?  
Al 9: **Impermeável**  
Prof: E o que vai ser impermeável aqui?  
Al 39: **O vidro. (...) (RR)**  
Prof: A areia e depois a terra. Nós vamos precisar colocar água aqui? O que vocês acham?  
A 10l: Vai ter que colocar, porque **é uma reserva (RR)**.

O trecho 3 apresenta o questionamento de uma aluna, que, ao perceber que as rochas (cascalho) apresentavam tamanhos diferentes, quis saber se poderia utilizá-las. Achei importante saber por qual motivo ela queria fazer desse modo, e indaguei, oportunizando a argumentação da aluna:

Trecho 3:

Al 40: Pode misturar? (...)  
Prof: Representa o quê? Fala de novo Maria.  
A 40l: Pode colocar os **três tipos de rochas e areia? (AM)**  
Prof: Representa o quê?  
Al 40: Representa a rocha quando ela **está se degradando até virar solo. (RR)**  
Prof: Aí que legal você vai querer fazer três camadas. (...)

Tanto os trechos 1, 2 e 3 como os recortes dos diários de bordo, (figuras 5 e 6) demonstram a correlação feita entre as partes do modelo com a realidade **(RR)**, **(AM)** e as funções que serão exercidas pelas camadas de pedras, areia e terra. Ficando evidente o que Dutra (2005) denomina de modelo icônico, aquele que guarda semelhanças estruturais com a realidade. Assim o modelo permite a “interação” com uma realidade muitas vezes distante do aluno. Essa aproximação

promove conexões antes apenas abstrata, tornando-se concreta e de possível manuseio.

Em seu diário de bordo, uma aluna representa, por meio de desenho (figura 5), alguns dos materiais usados para compor as camadas de solo, destacados no desenho do terrário, e os materiais que usou, como a colher e concha. É importante perceber nesta imagem a representação da atmosfera, ou seja, da camada gasosa, que, muitas vezes, passa despercebida.

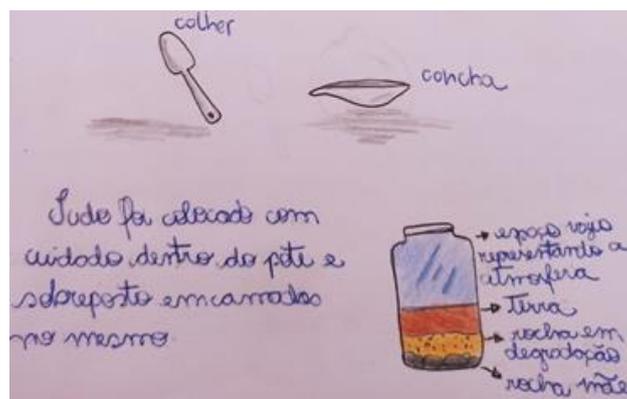


Figura 5: Estruturação do modelo

Fonte: Dados da pesquisa

Esta representação foi ilustrada de modo semelhante por outra aluna, na figura 6, que não só representa a camada abiótica, mas insere os vegetais que foram plantados e destaca três camadas do solo com suas respectivas funções.

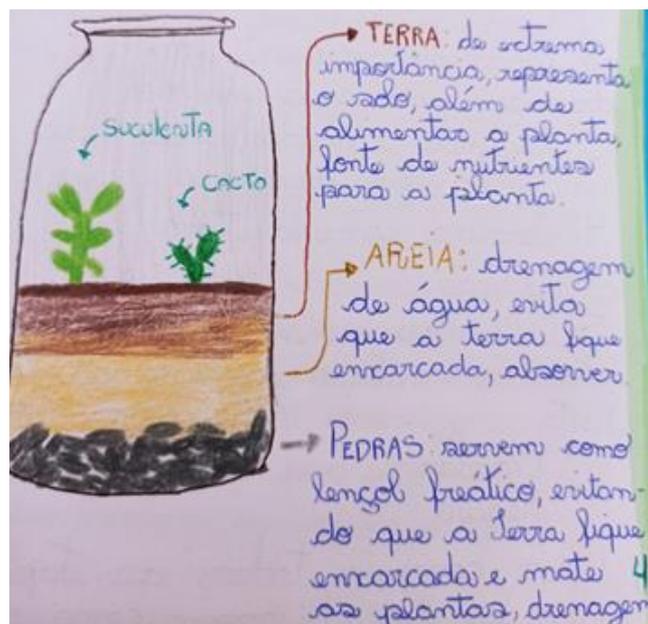


Figura 6: Função das camadas do terrário

Fonte: Dados da pesquisa

A transcrição do trecho 4 também aborda a relação do terrário, sua estrutura e componentes para a montagem de acordo com a realidade, além de elementos necessários para que o ambiente seja fértil para as espécies de vegetais, bem como a continuidade da adubação pela inserção de matéria orgânica. A relação com a realidade ocorre pela observação que a aluna faz ao notar a cor e o brilho na terra, o que a deixa fascinada.

Trecho 4:

Al 21: Prof, olha a **cor dessa terra!** (OB)

Al 21: Parece que tem glitter nela.

A 21: Olha a **cor dessa terra! Preta, negra, linda!** (OB)

Prof: Essa terra preta, negra, linda é boa para?

A 40 I: Ela tem **húmus.** (OB)

Al 37: **Pra plantar.** (RR)

Al 14: A gente vai **jogar umas folhinhas** que caiu da planta para **formar matéria orgânica.** (AM)

Ao analisar essa transcrição, é notável que os alunos relacionaram a cor da terra com a presença de húmus, que é um bom agente de adubação. Esta percepção da coloração do solo exemplifica a Inteligência corporal cinestésica. Dando continuidade ao processo de nutrição, outro aluno destaca a inserção de folhas sobre o solo para composição da serapilheira no terrário, para, conseqüentemente, formar matéria orgânica. Esta ação pode ser vista como uma adequação ao modelo (AM), já que a quantidade de serapilheira a se formar naturalmente seria pequena, assim garantindo a ciclagem de nutrientes no ecossistema criado.

A mesma relação entre cor-húmus-nutriente é citada por outro aluno em seu diário de bordo (figura 7).

horta, essa camada é a parte mais antiga do solo e tem uma coloração geralmente mais escura por possuir húmus. Junto com o solo da horta, foi colocado o solo de um dos vasos que carregava uma suculenta, pois o mesmo possuía uma coloração demasiadamente escura, e parecia ser bem nutritivo.

Figura 7: Retirada de solo da horta  
Fonte: Dados da pesquisa

Ocorreram outras citações similares a esse assunto, fazendo-se perceber que o conceito ecológico de ciclagem de nutrientes e formação do solo fazem parte dos conhecimentos prévios dos alunos, que, para eles, possuem tamanha importância a reprodução desses fenômenos no modelo e que, caso isso não ocorra, todo o processo pode estar comprometido. Nota-se, aqui, que os alunos utilizaram outros conceitos, como ciclagem de nutrientes e formação do solo, para a reprodução desses fenômenos no modelo, parecendo indicar que esse processo de modelagem permitiu/levou a mobilização de outros conhecimentos, o que corrobora com Justi (2015, p.14) a respeito de o aluno “lidar com evidências, principalmente identificando e interpretando as novas evidências experimentais a partir de seus conhecimentos prévios”. E, também, o quarto papel descrito por John Gilbert e Boulter (1998) refere-se à significação dos modelos e da modelagem em sala de aula, promovendo a aprendizagem a partir de revisão de conceitos e sua aplicação.

Fica evidente, na figura 8, a categoria **(AM)** referente à preocupação com o tipo de solo utilizado, que deve conter nutrientes para o vegetal plantado no modelo, bem como a utilização de minhocas como produtoras de húmus e aeradoras do solo. Na mesma redação, a categoria **(DG)** é percebida quando a aluna diz: “Durante discussões, percebemos que nosso solo (...)”. A discussão faz parte do processo de construção de conceitos, desperta ideias e necessidades. Como o ecossistema é autônomo, a partir de uma análise em grupo, perceberam que, para recriar essa autonomia referente à adubação e aeração do solo, a minhoca satisfaria essa necessidade.

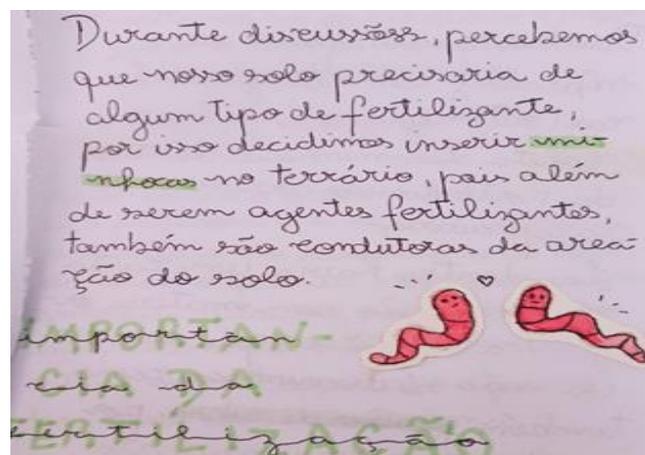


Figura 8: Minhoca como agente de aeração e fertilização  
Fonte: Dados da pesquisa

Na finalização da construção do modelo, durante a adição de água, solicitei que observassem com atenção o que ocorreria naquele momento, além disso, questionei-os sobre um possível erro provocado por um excesso de água, para que levantassem suposições de como contornariam esse problema, e, como resposta, temos os trechos 5 e 6.

Trecho 5:

Prof: Se vocês pegarem, vocês conseguem enxergar que a água. O que está acontecendo com a água? O que vocês conseguem ir percebendo na lateral?

Al 22: **A água tá descendo. (RR)**

Al 17: **Água vai descendo. (RR)**

A 3 l: **Percolando, é percolando. (RR)**

Trecho 6:

Prof: Mas pensa que as rochas, dentro do meio ambiente da (...) a gente tem lençol freático, então a gente tem que deixar um pouquinho a mais de reserva, se a gente perceber que a água foi em excesso, o que a gente pode fazer?

Al 5: **Deixa um pouquinho aberto. (AM)**

Nesses dois trechos, percebe-se a relação que os alunos fazem com a água e seu processo físico na natureza de evaporação e infiltração ou percolação, termo específico utilizado por um aluno. Foram enquadrados nas categorias a relação com a realidade **(RR)** e os dados **(DR)**, pois os alunos perceberam os eventos que ocorrem naturalmente no ecossistema, tendo o terrário como um comparativo, ou seja, de acordo com Balbinot (2010), análogo ao mundo real.

De acordo com Gilbert e Justi (2016), a modelagem favorece três processos cognitivos: criação, expressão, testes e avaliação, sendo posteriormente reestruturados por Mozzer e Justi (2018), cujo processo de criação envolve a relação 'realidade-modelo', no qual,

os estudantes são estimulados a ter ou recordar experiências com o domínio alvo e, paralelamente, selecionar um domínio análogo com o qual seja possível estabelecer uma analogia, que pode funcionar como fonte de um modelo inicial (LIMA; MOZZER, 2019 p.84)

Desta forma, a relação com a realidade só é percebida se o aluno já teve algum contato, mesmo que indireto, com o objeto/fenômeno modelado, sendo "as analogias consideradas como fontes de ideias para a criação e revisão de modelos" (LIMA; MOZZER, 2019, p.84).

Além dos conceitos físicos, a capacidade de solucionar problemas, como possível excesso de água, surge a partir do acesso cognitivo a conceitos já apropriados, sejam eles empíricos ou escolares, levando o aluno a correlacioná-los com a situação proposta e a apresentar a sua conclusão, sendo que ‘o deixar aberto’ pode se comportar também como uma adequação ao modelo **(AM)**, a ser testada e avaliada caso haja necessidade.

Uma aluna define a fase de adição de água como fase 3 e a intitula de “*decisões e suposições*” (figura 9), descrevendo o funcionamento natural do ecossistema **(RR)** e como ele pode ser reproduzido no modelo ao ser fechado após a adição de água, fazendo com que o seu ciclo ocorra. Ademais, destaca novamente a importância de haver a ciclagem de nutrientes e cita a minhoca como um agente de decomposição.

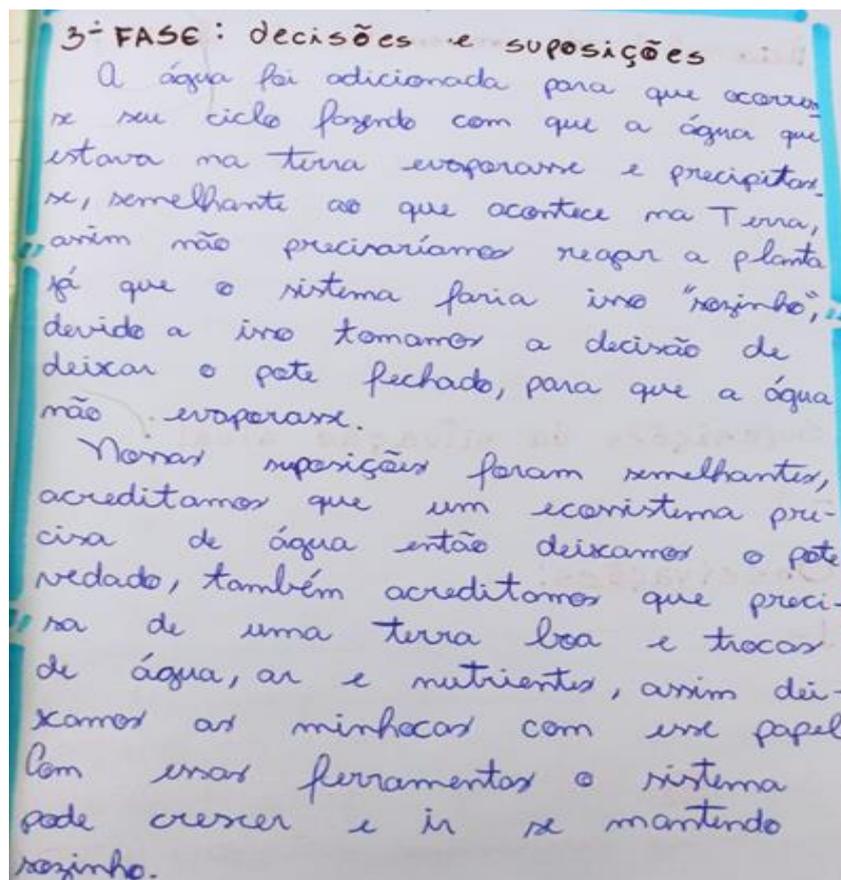


Figura 9: Água e seu ciclo  
Fonte: Dados da pesquisa

O ciclo da água é um conceito que faz parte do conteúdo ciclos biogeoquímicos, e o modelo promove uma “relação entre o teórico e o real” Bunge

(1974) *apud* Duso (2013, p. 33). O uso de modelos de acordo com Krasilchik (2009) se enquadra como atividade prática e conseqüentemente a prática aproxima a teoria da realidade.

#### 4.2 ETAPA 2 – OBSERVAÇÃO PRELIMINAR E REALIZAÇÃO DA INTERFERÊNCIA

A etapa 2 foi realizada após o período de estabilização do terrário por 15 dias. No primeiro momento, solicitei aos discentes que realizassem observações gerais sobre o estado do seu modelo, bem como do ‘terrário controle’, útil para comparações pós-interferências. Posteriormente a essas observações preliminares, realizei um sorteio entre os grupos, das quatro situações-problema relacionadas aos temas: fotossíntese e luz, efeito estufa, sucessão ecológica e chuva ácida. Os grupos investigariam com o auxílio do modelo.

A partir dessa etapa de ensino, constatou-se que o ato da construção epistemológica através da investigação científica tem seu início no momento quando cada grupo recebe a sua situação-problema, a analisa, modeliza mentalmente suas hipóteses e parte para a experimentação.

A problematização, ou questão inicial, deve conduzir os estudantes “à tomada de consciência de suas ações e que o professor os ajude nesse processo” (CAPECCHI, 2013, p.38). Desta forma, para uma melhor organização, propus um planejamento, assim tiveram momentos de discussões e reflexões sobre como iriam proceder com a ação de modelização da problemática proposta. Conforme foram discutindo e criando hipóteses, questionamentos a partir da observação foram surgindo.

Em vários momentos, os alunos recorreram a minha opinião apontando fenômenos ocorridos, bem como buscando auxílio de como proceder com a experimentação. Porém, não realizei nenhuma interferência no sentido de opinar sobre como deveria ser realizada essa etapa, pois fazia parte da pesquisa verificar como os alunos constroem e utilizam o modelo a partir de seus conhecimentos prévios; desta forma, a ação foi apenas de observação e orientação quanto à segurança durante o procedimento das atividades. Os dizeres de Capecchi (2013, p.38) reforçam minha preposição no assunto:

O ensino de ciências, pautado na problematização da realidade como construção de um olhar diferenciado sobre o cotidiano, por meio da troca de ideias entre os alunos e da elaboração de explicações coletivas, além de possibilitar o contato destes com as ferramentas científicas (**MODELO**) e a identificação de seus potenciais, deve voltar-se também para a apreciação da Ciência como construção humana. (Grifo nosso)

Como já relatado, houve problemas na gravação dos áudios, por isso, são apresentadas apenas transcrições de dois grupos com as temáticas: chuva ácida e sucessão ecológica.

Primeiramente, apresento observações gerais dos grupos nos três primeiros trechos de transcrição, pois são fenômenos percebidos antes de os grupos receberem seus respectivos temas, não tendo ocorrido por quaisquer interferências por minha parte aos alunos. Fenômenos como ciclo da água e surgimento de fungos e/ou vegetais fazem parte de qualquer manuseio com terrário, mas podem gerar curiosidade quando não são esperados, sendo uma oportunidade para abrir um processo investigativo. Posteriormente, apresentarei os recortes dos diários de bordo e transcrições que se encontram agrupados de acordo com a situação-problema de cada grupo.

O processo de construção da ciência a partir das observações iniciais é muito perceptível nesse trecho 1. Os alunos ficaram perplexos devido ao terrário não ter gotículas perceptíveis no vidro, diferentemente do 'terrário controle', que apresentava diversas gotículas. Dentro dessa problemática, foram lançando mão de questionamentos a partir da observação, discutindo e criando hipóteses.

Trecho 1:

Al 2 : Mas **teve precipitação, mas foi menor** que outro grupo. **(PB)**

Al 8 : **Como não teve precipitação se o negócio está molhado?**

Al 4: Teve mas foi pouca.

Al 2: **Talvez colocamos pouca água. (HP)**

Al 4: Mas colocamos bastante

Al 8: **Às vezes já precipitou tudo e pegamos numa fase errada do ciclo e vai** começar tudo de novo. Vai evaporar tudo de novo. **(HP)**

Al 4: Já evaporou tudo que tinha e agora vai voltar.(...)

Al 6: **Há possibilidade dele estar em outra fase de ciclo?** Tipo ainda não tendo precipitado? **(PB)(...)**

Al 4: A gente pegou outra fase. **Teve sim dá para ver dá para ver** qual tipo de água aqui. A gente pegou outra fase, **dá pra ver gotículas de água aqui. (OB) (...)**

Al 2: Professora, professora, **tem tipo como a gente ter pegado esse aqui numa fase diferente (...)** da condensação do ciclo da água? **Por isso que não tá bem visível? (PB)**

Al 6: Tipo dá **para ver que** condensou. **(OS)**

Al 2: Tipo já ter acabado de fazer de condensação. Agora vai ser tipo que quando é ... de novo evaporar de novo?

Nos trechos 2 e 3, o surgimento de fungos e vegetais causa admiração em vários grupos e é observado em outras transcrições; embora esteja relacionado com a sucessão ecológica, os alunos acabam não percebendo esse processo especificamente, nem mesmo o próprio grupo que tem como problema investigar a sucessão. Muitos interpretam esses fungos e vegetais como pragas, como se pode ver nas citações de vários alunos.

Trecho 2:

Al 10: Que bonitinho esse cogumelo.  
Al 15: Ele **creceu sozinho**.?  
Al 10: **Creceu sozinho. (OB)**

Trecho 3:

Al 21: Esse tá tudo certo a **natureza está progredindo nele. (OB)**  
Al 30: Esse aqui cresceu alguma coisa?  
Al 27: **Creceu**, as coisas **começaram a crescer.**  
Al 38: Se você for ver começou a nascer. **Tem umas raízes aqui. (OB)**  
Al 41: Aqui, **começou aqui** se você for ver aqui **começou a nascer** aqui ó. **(OB)**

Para o entendimento de certos conceitos em ciências, deve-se utilizar em sala recursos, para que o caminho percorrido pelos cientistas no processo do desenvolvimento científico, que muitas vezes envolve a elaboração de modelos, seja compreendido pelos alunos.

“Além de a escola ter o papel de assegurar a aprendizagem dos modelos consensuais elaborados pela comunidade científica” (COLINVAUX, 1998, p.9), deve oportunizar a modelagem como um recurso, aproximando cada vez mais o **fazer científico** dos alunos, como foi oportunizado nessa SEI.

Ao perceber que o modelo promove a ocorrência de diferentes fenômenos, os alunos tiveram sua curiosidade desperta, momento em que surgiram os “porquês”. A busca por respostas deu um pontapé inicial no fazer científico, seguindo a elaboração de hipóteses que satisfizessem temporariamente, até que se conseguisse uma resposta definitiva. Estas foram as categorias utilizadas pelos alunos: observação **(OB)**, problematização **(PB)** e elaboração de hipóteses **(HP)**, proporcionadas pelo modelo e atreladas ao fazer científico.

Para Colinvaux (1998, p.9),

Promover a aprendizagem dos processos e técnicas que levam à elaboração de modelos próprios à ciência, isto é, dos processos em si mesmo de modelagem. De outro lado, na medida em que os sistemas científicos de conhecimento incluem a elaboração de modelos quanto **aproximações tentativas de descrições, explicação e interpretação de fenômenos** – entre várias outras dimensões como leis e definições, pressupostos ontológicos e epistemológicos, estratégias e procedimentos metodológicos – é fundamental que a aprendizagem de ciências evidencie esta característica das teorias científicas, promovendo uma reflexão sobre o papel dos modelos e dos processos de modelagem na ciência, bem como sobre as características específicas das representações próprias ao conhecimento científico. (Grifo nosso).

Analisando esses resultados, é possível perceber que o terrário apresenta as características necessárias para se proceder numa modelização, pois consegue atender aos aspectos supracitados:

Aproximações tentativas de descrições: o aluno descreve o ciclo da água, sua precipitação e condensação, crescimento de cogumelos entre outros, ou seja, tudo que o aluno observou e descreveu **(OS)**.

Explicação e interpretação de fenômenos: a busca por explicações sobre o ocorrido **(HP)**.

A tomada de consciência do modelo em si como fundamental para a epistemologia aparece em outros momentos, que serão discutidos mais adiante.

#### Chuva ácida:

O grupo que recebeu o problema sobre como a chuva ácida interfere no meio ambiente já havia realizado uma aula prática sobre esse tema (figura 10), quando fez o experimento com queima do enxofre com outra professora, na disciplina de Práticas em Química Ambiental, e decidiu reproduzir o experimento. Cabe destacar a autonomia que cada grupo possuía, além de conhecimento técnico e prático na hora de manusear equipamentos e conduzir experimentos. Dessa forma, tornou-se para eles uma atividade natural, na qual as Inteligências Múltiplas, como verbal-linguística – quando conversam entre seus pares: “*voltando ao debate da chuva ácida, relembramos...*”, que também é uma inteligência inter e intrapessoal pois relacionam e verbalizam com demais pessoas, corroborando com Carvalho (2018, p.775) “uso de verbos de ação na primeira pessoa do plural, mostrando a importância do trabalho em equipe”, lógico-matemática ao perceberem a variação

do pH, foram extremamente perceptíveis ao longo de todo o processo de condução e observação do experimento, além da mobilização do conhecimento prévio para compor argumentações e conclusões, que, por conseguinte, faz parte da episteme da ciência.

Voltando ao debate da chuva ácida, relembramos de uma aula técnica que tivemos na disciplina de Práticas em Química Ambiental (PQA). Nessa aula, usamos o enxofre em pó para contribuir na produção do  $\text{SO}_2$  (dióxido de enxofre), um dos gases responsáveis pela formação da chuva ácida. E assim se fez: utilizamos dos mesmos procedimentos para aplicar naquele momento, o de experimentação.

Figura 10: Utilização de experimento já realizado  
Fonte: Dados da pesquisa

A utilização do experimento queima de enxofre para poder reproduzir a chuva ácida pode ser vista como uma adequação ao modelo **(AM)**, ao tentar recriar uma atmosfera com  $\text{SO}_2$ . A redação contida no diário de bordo desse aluno (figura 11 e transcrição do diário de bordo) refere-se à liberação de gás – dióxido de enxofre – que, ao reagir com a água, formará o ácido sulfuroso – componente da chuva ácida.

*“Como era necessário que o enxofre estivesse na forma de gás, nós tivemos que derreter o enxofre. Esse procedimento foi realizado com a transferência do enxofre no vidro relógio para um objeto (tampa) com o mesmo diâmetro o gargalo do terrário, onde, nesse novo recipiente o enxofre foi posto sobre as labaredas do bico de Bunsen, onde ficou poucos instantes até o conteúdo se tornar líquido. Neste momento foi necessária a rápida abertura (com a tampa “original” do recipiente) e o rápido fechamento do mesmo, mas com a tampa que contava com o enxofre líquido, isso foi feito no terrário de número um (usado para os experimentos). O enxofre líquido libera o gás que causa a chuva ácida.”*



Figura 11: Queima do enxofre  
Fonte: Dados da pesquisa

## Trecho 4:

Al 3: **Nós vamos queimar o enxofre. (AM)(...)**

Al 7: E agora **está fazendo muito vapor e ele está reagindo, talvez a gente tenha errado na quantidade** de enxofre que foi adicionado.

(...)

Al 10: Então o pote está **meio quente e está fazendo muita fumaça**, muita fumaça. É impressão minha ou **a planta deu uma embranquecinha? (DG)**

Al 4: Deu uma embranquecinha **porque a fumaça é branca então.**

(...) **(OB)**

Al 5: As plantas **estão suando. Tem gota** na planta. **(OB)**

Al 5: Dá pra ver aqui. Ela **está evapotranspirando. (OB)** (...)

Al 6: A **névoa começou a clarear um pouquinho, mas ainda não reagiu muito não**, ela continua. Uma coisa que a gente percebeu é que elas começaram a suar, a água começou a juntar no caule dela e voltou a pingar de novo. **(OBS)**

Al 4: Será que a água **evaporou porque esquentou muito? (DG)**

Al 5: Então **não tem muito a ver com o enxofre e sim com o calor que o enxofre** produziu dentro do negócio **depois de aquecido**. Então está suando por causa do **calor do enxofre que a gente aqueceu. (HP)**

Al 1: É, **sim**

Al 5: Ah, ok!

Al: Ela está suando porque **a água e o vapor do enxofre e vai virar o que? (DG)**

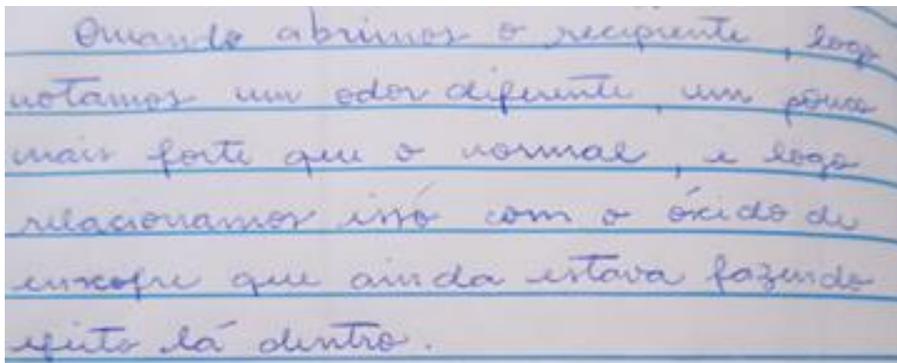
Al 3: Vai **virar ácido.**

Al 4: Tá 5,0 mesmo **(referiu-se ao pH)**

Al 6 : O sem enxofre tava quanto?

Al 5: 6,0 **(referiu-se ao pH)**

Este trecho (4) apresenta a transcrição da elaboração do experimento, durante a qual ocorre discussão em grupo, surgindo questionamento a partir de observações. É importante ressaltar que o conhecimento prévio dos alunos acerca do experimento realizado contribui para a assertividade na compreensão e previsibilidade dos fenômenos ocorridos, como é demonstrado na figura 12, no relato discente **(DR)**, a origem do cheiro forte gerado pós-experimento.



Quando abrimos o recipiente, logo notamos um odor diferente, um pouco mais forte que o normal, e logo relacionamos isso com o óxido de enxofre que ainda estava fazendo frito lá dentro.

Figura 12: Odor de enxofre

Fonte: Dados da pesquisa

Outro relato registra **(DR)** momentos após a queima do pó de enxofre no terrário, mostrando a fumaça produzida enquanto ocorre o processo da reação entre a água e o óxido que gera o ácido (figura 13).



Figura 13: Imagens da queima do enxofre.

Transcrição do texto da imagem: “Figuras 9 e 10: Recipiente logo após o contato com o óxido de enxofre. Fonte: Acervo pessoal/ Figuras 11 e 12: Recipiente após dois minutos”  
Fonte: Dados da pesquisa

A etapa de observação é o momento no qual se coloca à prova o modelo, analisando seu comportamento e os fenômenos ocorridos. Para Guerrero (2010), a partir de observações, podem ser feitos ajustes para tornar mais real o modelo, adequando-o também às hipóteses criadas. Porém, “os elementos do trabalho científico, como a observação, a intuição e a razão, não permitem o conhecimento do real, mas o processo de modelização e sua comprovação apresenta um bom resultado no conhecimento da realidade” (PAZ, 2006 p.159). Por conseguinte, as etapas do desenvolvimento epistemológico devem se entrelaçar para que as informações empíricas se tornem conhecimento científico.

#### Sucessão ecológica:

Igualmente às ponderações sobre o grupo que recriou o processo de chuva ácida, pode-se ponderar a respeito da aplicação das Inteligências pelo grupo que abordou a sucessão ecológica. Como exemplo, ademais, os alunos fizeram várias proposições, discussões e hipóteses acerca do melhor modo que representaria o surgimento de seres vivos, chegando a um consenso sobre qual método aplicaríamos. É muito importante ressaltar que várias sugestões de testes eram cabíveis aos procedimentos no terrário, devido a sua capacidade de modelagem, mesmo

sabendo, de antemão, que alguns resultados não seriam positivos, ou que demandaria um tempo muito grande para observação, mas são importantes no desenvolvimento científico. Foi o que aconteceu com o grupo cujo tema era 'sucessão ecológica', possibilitando as seguintes questões-problema: *“Surgirão novas plantas nesse ecossistema? O que acontecerá com o terrário se não for feita nenhuma interferência?”*

Mesmo necessitando de pontuações, estas não foram realizadas nesse momento, pois o papel do professor é importante nesse processo. Conforme Gilbert (1993), é necessário fornecer um ambiente para as crianças aplicarem seus modelos ao fenômeno específico e, em seguida, elas poderão ver as limitações e o escopo de seus modelos, também de suas próprias explicações. A atuação do professor deve apontar “uma melhoria em vez de uma correção” (SELLEY, 1986 p.124).

“Após esse processo, as crianças podem considerar modelos alternativos oferecidos por seus professores. Estes irão ajudá-las a construir novos modelos e conhecimentos” (GODEK, 2004, p.60). Essa reformulação acabou acontecendo, vários estudantes do grupo que atuou no processo de sucessão ecológica descartaram o próprio modelo, justificando erro, e criaram um mental que, para eles, seria efetivo na recriação, tendo o terrário como modelo. Essa modelização mental pode ser percebida no trecho 1 e na figura 14.

#### Trecho 1:

Alunos discutindo o plano:

Al 19: Ah são três praguinhas. **Qual vai ser o nosso plano? (DG)**

Al 14: **Qual será o nosso plano? Temos que interferir! (DG)**

Al 11: Vamos jogar agrotóxico? **(HP)**

Al 11: Por que a gente não usa nitrogênio em baixa temperatura? **(DG)**

Al 13: Mas como assim, não é sucessão ecológica? (...)

Al 19: É sucessão ecológica, mas aqui está perguntando: Aqui tá perguntando o que acontecerá com o terrário se não for feita nenhuma interferência? **E também se fizer interferência, por isso a gente tem um de controle. (DG)**

Al 17: Sucessão é o ato da natureza de se autodesenvolver de se equilibrar...

Al 14: **basicamente vamos interferir (...)**

Al 11: Eu acho que o nitrogênio, porque tem um estudo **que o nitrogênio é bom** pra planta, **mas excesso mata a planta por asfixia. (Hip)**

Al 15: Ah o NPK.(...)

Al 16: **Se colocar semente já comida, tipo se fosse passarinho depositando.** Por que em uma sucessão ecológica de terrenos não habitáveis às vezes tem influência de passarinho? **(Hip)**

A 14!: As meninas falaram sobre **colocar pedra pra ver se nasce musgos** ou outro fator biológico. **(Hip)**

Al 14: Colocar **pedra para simular um ambiente que ainda não foi habitado**, que, no caso, **seria uma sucessão primária. (Hip)**

Nessa discussão do grupo para decidir qual seria a interferência e como fazê-la, ficou evidente que a categoria discussão **(DG)** acaba por apresentar hipóteses possíveis **(Hip)** a fim de que o grupo decida qual a melhor a ser utilizada.

De acordo com Sasseron (2014, p.43), acontecem diversas interações durante o processo investigativo: “interações entre pessoas e objetos, interações entre pessoas e conhecimentos prévios, interações entre pessoas e objetos. Todas são importantes, pois são elas que trazem as condições para o desenvolvimento do trabalho.” A discussão em grupo é uma forma de interação entre os pares que fomentam e gerenciam o andamento do experimento. Ainda Sasseron (2015, p.58) afirma que o EI possibilita ao professor,

intenção de fazer com que a turma se engaje com as discussões e, ao mesmo tempo em que travam contato com fenômenos naturais, pela busca de resolução de um problema, exercitam práticas e raciocínios de comparação, análise e avaliação bastante utilizadas na prática científica.

O resultado do impasse é apresentado no recorte de uma aluna na figura 14.

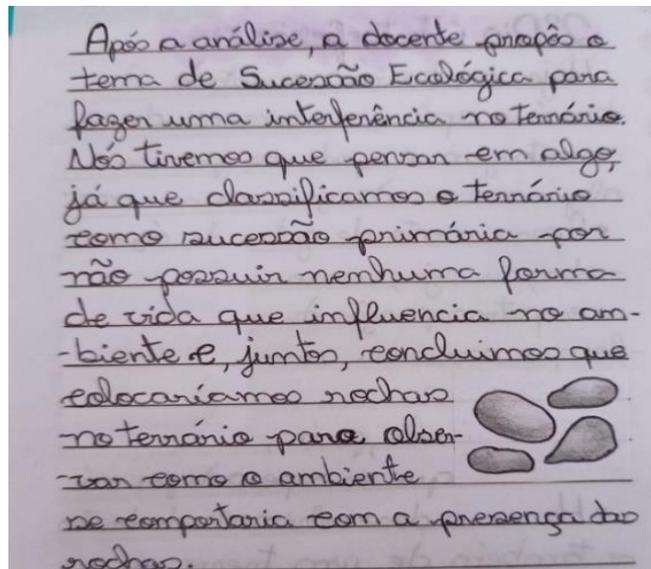


Figura 14: Interferência de sucessão ecológica  
 Fonte: Dados da pesquisa

Como o grupo inicialmente classificou o terrário como sendo uma sucessão primária, já que parecia não haver vida anterior, testariam essa fase adicionando rochas (figura 15). Porém, sabiam que esse teste não teria efeito, pois deixaram de

lado vários fatores, como a presença de sementes no solo retirado da horta da escola e o fator tempo, totalmente desconsiderado durante a proposta. Nesse momento, não houve interferência da minha parte, pois considerei a importância da descoberta do erro pelos próprios alunos. Para Carvalho (2014, pp.11-12):

As hipóteses que quando testadas não deram certo também são muito importantes nessa construção, pois é a partir do erro – o que não deu – que os alunos têm confiança no que é certo, eliminando as variáveis que não interferem na resolução do problema. O erro ensina... e muito.



Figura 15: Teste de sucessão primária  
Fonte: Dados da pesquisa

No decorrer da testagem e observação, alguns alunos foram percebendo conceitos iniciais parcialmente incorretos, como mostra o trecho retirado de um diário de bordo, cuja imagem não foi possível utilizar:

**ocorreu o surgimento de plantas que não foram plantadas e sim, vieram junto com a terra;** que os musgos demoram muito tempo para aparecer (...) **ocorreu maior número de natalidade das plantas,** ou seja, o ambiente agradável e favorável ao desenvolvimento em modo de sucesso ecológica/natural.

Isso pode ser considerado como a verificação da hipótese referente a colocação das rochas.

Prever possíveis teorias alternativas é uma capacidade importante na prática argumentativa, pois muitas vezes vários fatores podem contribuir para um determinado resultado. Na ciência, muitos são os casos de coexistência de teorias alternativas em determinados contextos históricos. Em nossa vida cotidiana, ser um cidadão crítico envolve ser capaz de considerar que um problema, de qualquer natureza, pode ter (e frequentemente tem) mais de uma resposta. (JUSTI, 2015, p.36)

As teorias tentativas elaboradas pelos alunos podem se comportar como uma teoria alternativa quando “diferente da que ele acredita inicialmente e igualmente plausível” (JUSTI, 2015, p.36). Dessa forma, amplia-se o repertório de argumentação, articulação de diferentes saberes e, respectivamente, sua aplicação na elaboração das teorias.

#### Fotossíntese:

Os alunos que receberam a questão: “*Caso o terrário seja colocado em ambiente pouco iluminado, haverá alteração no vegetal?*”, responderam à pergunta **(PB)** e desenvolveram algumas hipóteses **(HP)**, chegando assim a uma forma de representar o experimento a fim de comprovar ou refutar a hipótese escolhida pelo grupo, como demonstra a imagem 16.

Após todo o processo de análise, nós passamos então a desenvolver hipóteses que pudessem responder à pergunta contida na folha que nos fora entregue, algumas delas foram: A vegetação ficará fraca devido à alta de luz, e como resposta, perderá sua pigmentação, clorofila, escurecendo o tom esverdeado. A morte da vegetação.

A partir da formulação de hipóteses, decidimos então cobrir nosso terrário com papel alumínio para evitar qualquer incidência de luz. E decidiu-se que as observações acontecerão a cada dois dias, para a formulação dos resultados.

Os autores Zômpero e Laburú (2011, p.74-75), discutem após comparar diversos autores, que:

a atividade investigativa deve haver um problema para ser analisado, a emissão de hipóteses, um planejamento para a realização do processo investigativo, visando a obtenção de novas informações, a interpretação dessas novas informações e a posterior comunicação das mesmas.

Etapas epistemológicas presentes no diário de bordo da aluna, mesmo que apresente conceitos errôneos sobre perda de clorofila e escurecimento da folha, a mesma aborda o problema de pesquisa, a hipótese e o planejamento do grupo no que se refere a testagem.

A interferência escolhida foi representada por uma aluna em seu diário de bordo, evidenciando os “detalhes”, produzindo um desenho autoexplicativo como bem se observa na figura 16, a qual apresenta também a hipótese **(HP)** sobre o que

acontecerá de acordo com idealizações do grupo. O esquema representado aponta o planejamento e organização das informações.

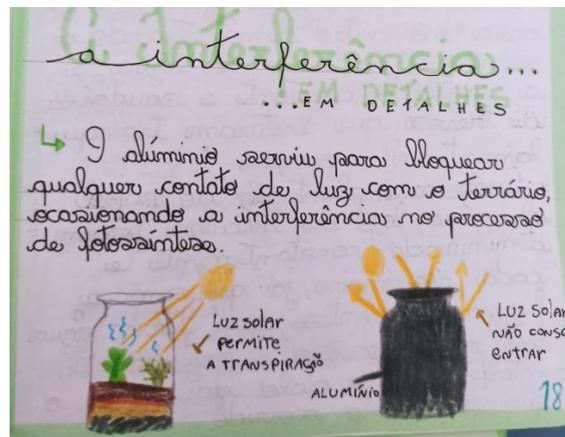


Figura 16: Detalhes da interferência  
Fonte: Dados da pesquisa

Não somente o grupo responsável pela sucessão ecológica notou o crescimento de novos vegetais em seu modelo (figura 17). Uma aluna do grupo sobre a fotossíntese percebeu **(DR)** a presença de brotos e criou uma hipótese **(HP)** para a ocorrência desse acontecimento.

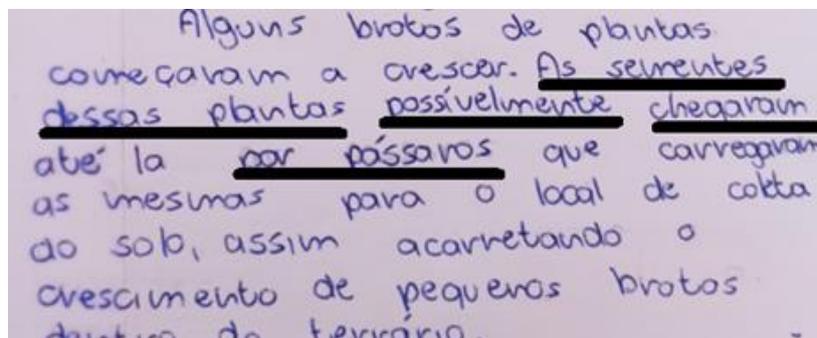


Figura 17: Surgimento de brotos  
Fonte: Dados da pesquisa

Conforme os resultados analisados, percebe-se a mobilização de uma série de estratégias ao modelizar, tais como:

Nelas, os estudantes: **articularam diferentes conhecimentos** na produção de seus modelos; **decidiram** sobre a melhor forma de representação para expressar seus modelos; **discutiram e adequaram o modelo mental ao modelo expresso** e vice-versa; **justificaram seus modelos** em relação aos objetivos definidos inicialmente ou propostos nos testes aos quais eles foram submetidos; **testaram seus modelos** frente a novos dados (empíricos ou teóricos); avaliaram seus modelos em termos

das abrangências e limitações destes (MENDONÇA; JUSTI, 2013b, apud JUSTI, 2015, p. 42). (Grifo nosso)

Algumas das pontuações levantadas pelas autoras acerca do modelo puderam ser evidenciadas nos relatos das figuras 16 e 17. Articularam o conhecimento sobre luz e fotossíntese, discutiram sobre o melhor método para interferir, adequaram e testaram o modelo ao cobrir com papel alumínio, justificando que impediria a entrada de luz. Embora a avaliação, relação de abrangência e limitação estejam implícitas nessas imagens, não podemos excluí-las do processo, pois, ao optarem por essa metodologia, houve uma conversa entre os pares, na qual levantaram sugestões, estas avaliadas de acordo com a possibilidade e restrições proporcionadas pelo terrário, e chegaram à conclusão de que deveriam cobrir para impedir a passagem de luz.

#### Efeito estufa:

A última interferência a se relatar foi a do grupo responsável pelo tema ‘efeito estufa’, cujo problema era: *“O efeito estufa acontece devido à retenção de calor pela camada de gases estufa, e o excesso pode ocasionar um aumento de temperatura. Em nosso modelo seríamos capazes de simular esse efeito? Quais seriam as consequências?”*

Para a realização da testagem, houve intensos debates entre os componentes do grupo, a fim de decidir qual seria a hipótese e o teste a ser realizado. Um relato de um aluno 27, interessante de se destacar (figura 18), exhibe uma certa discordância entre os integrantes, mas demonstra a capacidade de discussão e interação:

Portanto, a maneira mais aceita pelo grupo foi deixar o jarro em pleno Sol, e por mais que ainda relutantes, por achar que demoraria e que durante a noite se resfriaria novamente, os discentes cederam para esse método pois era o mais simples, e se não desse certo, daria para mudar sem outros prejuízos.

Figura 18: Decisão sobre experimento  
Fonte: Dados da pesquisa

Ao discutirem e optarem pela metodologia mais simples, seguindo o mesmo conceito da Navalha de Occam – um princípio científico e filosófico que leva a se

tomar como verdadeiro o mais simples –, praticaram essa filosofia mesmo sem conhecê-la, de modo heurístico, a título de satisfazer a necessidade de comprovação com base na facilidade e na disponibilidade material, podendo-se supor que foi até mesmo intuitivo. Ademais, no final do trecho, o mesmo aluno faz outra correspondência importante, que compõe a construção científica: a aceitação do erro e retomada com caminhos diferentes.

Krasilchik (2003) descreve as aulas práticas como responsáveis pelo aparecimento de resultados não esperados, que provocam a elaboração de hipóteses novas para que possam interpretar o novo resultado. E para a autora, trabalhando com aulas práticas, “os estudantes distinguirão observação de interferência para investigar quando ocorrem contradições entre o esperado e obtido” (p.252).

Novamente, uma aluna representa em forma de desenho (figura 19) a exposição do modelo ao Sol e as interferências ocorridas no terrário, que são a ocorrência da precipitação e o aumento da temperatura.

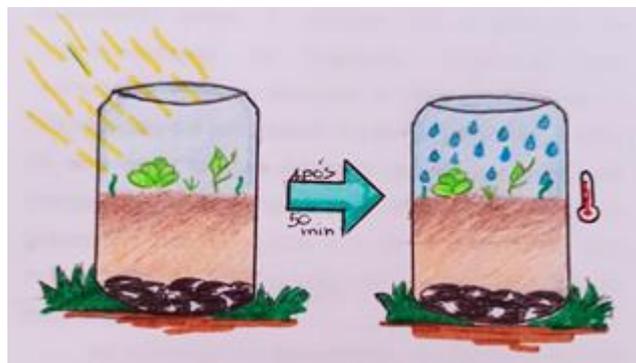


Figura 19: Experimento – Efeito estufa  
Fonte: Dados da pesquisa

O mesmo, é percebido por outros alunos, como mostram a figura 20 e o relato a seguir, além da constatação de que o termômetro não está fazendo a medição da temperatura: *após colocarmos o terrário no Sol, (AM) notamos que o vidro esquentou bastante, não conseguimos medir a temperatura inicial, pois de acordo com o termômetro, dentro do terrário estava medindo apenas 8°C, que não é uma temperatura correspondente a nossa visualização. Percebemos que condensação aumentou e conseqüentemente a precipitação, e em todo momento a sensação térmica dentro do vidro esteve elevada. (DR)*

Os primeiros 40 minutos foram retirados para reflexões, tais como, se aquele era um sistema fechado, logo provavelmente haveria uma camada de gases, tais eles CO<sub>2</sub> e O<sub>2</sub>, pois todo o vidro estava revestido de gotículas de água, logo, estava acontecendo a fotossíntese, e por consequência a evapotranspiração, um efeito desejado na primeira aula, pois ele movimentava o ciclo da água.

Figura 20: Observações sobre o experimento  
Fonte: Dados da pesquisa

Percebe-se que, ao tentar explicar a morte das plantas, o discente atribuiu ao diferente nicho ecológico delas: por serem suculentas, não sobreviveriam no ambiente alagado que o grupo acabou acidentalmente criando, ao colocar muita água. Relata, também, que isso foi um desequilíbrio, pois esperavam um ecossistema em homeostasia.

#### 4.3 ETAPA 3 - OBSERVAÇÃO E CONCLUSÃO

A última etapa de ensino foi a terceira, ocorrida após uma semana da realização da interferência, um curto período devido ao final do ano letivo de 2019, devido à pesquisa ter sido alternada com a sequência da disciplina de Dinâmica de Sistemas, que necessitava de seu fechamento bimestral.

Nessa aula, solicitei aos alunos que realizassem a comparação entre seu modelo pós-interferência e os dados coletados antes da interferência ou com o 'terrário controle'. A partir dessa análise, fizeram suas pontuações finais sobre o experimento.

A transcrição dos áudios do grupo que abordou a problemática da chuva ácida foi utilizada para a discussão desta seção, assim como um pequeno trecho do grupo com a temática fotossíntese, que possuía condições técnicas para ser transcrito; ambos são complementados pelos recortes dos diários de bordo.

##### Chuva ácida:

Como metodologia para responder à seguinte situação-problema: “A precipitação da chuva com um pH ácido tem afetado muito o nosso ecossistema ultimamente. Essa chuva é causada pela combinação na atmosfera de óxidos e

água. Em nosso modelo seríamos capazes de simular esse efeito? Quais seriam as consequências?”, os alunos realizaram a queima de enxofre, adequando o modelo a um ambiente propício para a chuva ácida e, agora, era o momento de verificarem o que aconteceu.

Pouco se conseguiu com a transcrição do áudio, pois os alunos estavam ansiosos para descobrir o resultado e vários falavam ao mesmo tempo, assim comprometendo a transcrição.

Como em nosso laboratório havia fita de medição de pH, o trecho 1 da transcrição apresenta essa aferição dos resultados. Citam também o que eles chamam de hipótese **(HP)** sobre o ocorrido. O terrário controle teve um importante papel servindo de comparativo do pH, comprovando, assim, a alteração na acidez do solo e água.

Trecho 1:

Al 1: Água destilada com solo que passou por chuva ácida. Esse **aqui deu cinco, com normal que deu seis. (DR)** (...)  
 Al 4 : As plantas estão tipo mais opacas, essa daqui não está conseguindo se sustentar. **(DR)**  
 Al 6 : Também tem fungo. **(DR)** (...)  
 Al 9: A hipótese vocês só colocaram uma? **(HP)**  
 Al 4: Não, eu coloquei 2, a **da morte, do enfraquecimento e da perda de cor. (HP)** (...)  
 Al 7: Medir o solo de novo? Cadê a fita? Vai gente, tira foto?  
 Al 1: Olha mudou! **Ficou diferente, está 2. (DR)**  
 Al 1: **Solo** da chuva ácida **deu 5. (DR)**  
 Al 1: **Água** da chuva ácida **deu 3. (DR)**  
 Al 5: Professora, deu 3,5. **(DR)**  
 Prof: Nossa abaixou bastante. **(OBS)**

Um aluno 9 apresentou as atividades realizadas (figura 21) e correlacionou a precipitação de água com pH mais baixo com o pós-queima do enxofre. Esta fala pode ser reforçada com o relato da aluna 4 (figura 22), a qual aponta um resultado nas plantas **(DR)**.

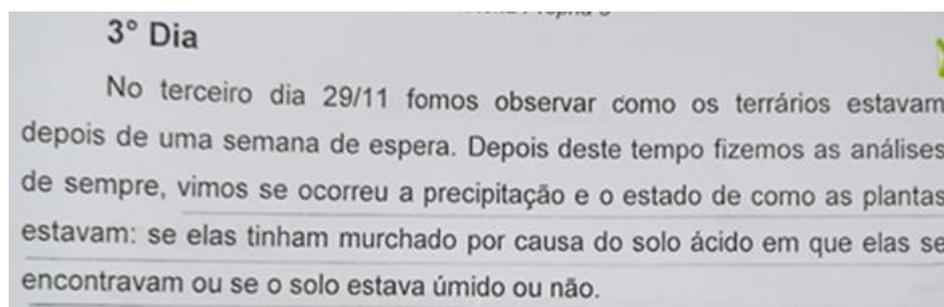


Figura 21: Estado dos vegetais pós chuva ácida.  
 Fonte: Dados da pesquisa

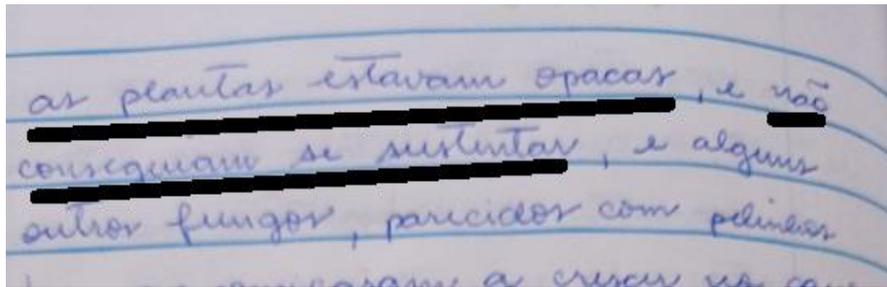


Figura 22: Opacidade observada  
Fonte: Dados da pesquisa

A aluna 4 apresenta duas hipóteses (**HP**) para explicar o fato de a planta não ter sofrido danos extremos, como a morte, como ela mesma disse que era esperado (figura 23). Porém, não relacionou o fator tempo e, conseqüentemente, a periodicidade das chuvas, além do pH necessário para ocorrer o dano esperado.

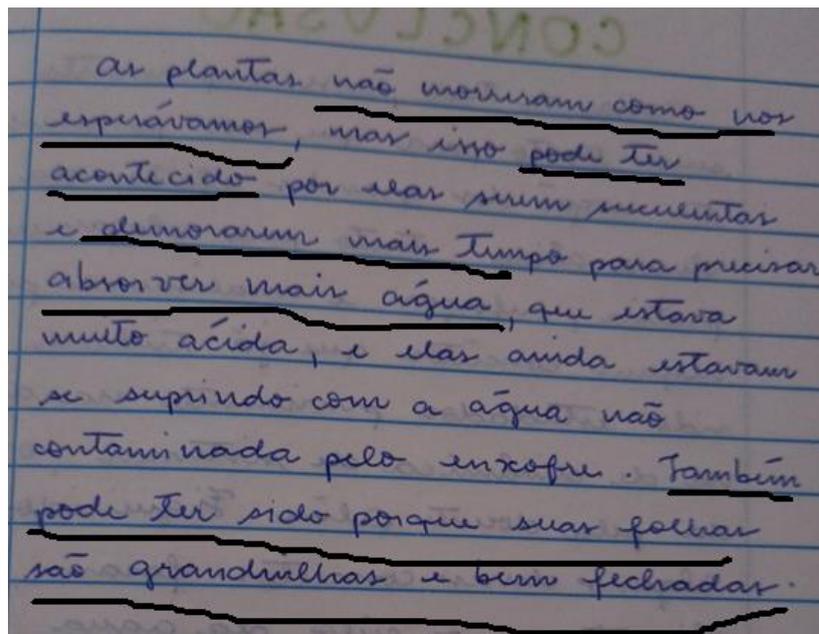


Figura 23: Resposta de plantas suculentas à chuva ácida.  
Fonte: Dados da pesquisa

No último trecho desse grupo, foi percebida uma nova explicação, quando a hipótese inicialmente elaborada não condissera com o resultado observado naquele momento. A teoria tentativa contém hipóteses criadas por explicações científicas baseadas no conhecimento prévio do aluno, não são criadas a esmo, são cheias de significados construídos a partir de sua vivência. De forma muito criativa, os alunos elaboram essas hipóteses e, por vezes, ao modelizá-las, acabam por perceber que

não levaram alguns fatores em consideração, pensando em explicações sobre o porquê, discutindo e criando hipóteses e teorias. Infelizmente, a elaboração de uma modelagem para avaliar a nova hipótese não pôde ocorrer devido ao prazo para encerramento da pesquisa.

Trecho 2:

Al 4: A gente está fazendo a folhinha e começando pela hipótese, nossa **hipótese era morte das plantas e a acidificação do solo e da água. (HP)**

Al 6: O teste: a gente queimou enxofre em pó e fechamos o pote. **(AM)**

Al 4: A inferência: a gente usou fita tornassol para medir o pH do solo e da água do terrário, que a gente sentia em volta por causa da transpiração, a precipitação.

Os resultados: **consequimos observar a acidificação do solo (OB)** e da precipitação que foi o que a gente fez as medidas, mas a gente não conseguiu observar a morte das plantas, as plantas ficaram intactas, aí a gente **suspeita porque a planta demorou para absorver a água então ela demora para morrer, mas deu uma esbranquiçada (HP)**

Temos a **suspeitação que a suculenta demora pra morrer. (HP)**

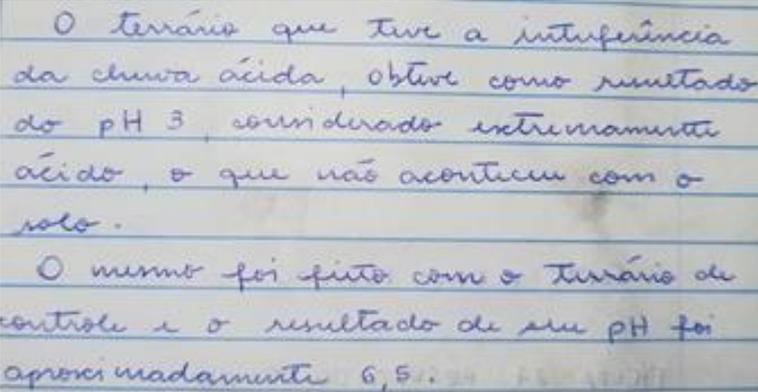
Sei lá temos a suspeita de que (...)

Al 8: Mas ela deu uma esbranquecida.

Al 10: Conclusão: então a gente **concluiu que a chuva ácida tem uma grande influência, tanto na parte vegetal como na parte humana.** Todo mundo sofre com esse processo, ele deve ser mediado de maneira correta porque o seu aumento pode afetar a maneira de vida de todos, pode ocorrer à destruição. **(CO)**

Al 10: Parte humana não, parte urbana.

Al 7: **A chuva ácida prejudica muito na parte urbana e como na vegetação** e com certeza deve ser algo observado e analisado, já que **suas consequências afetam a todos. (CO)**



O terrário que teve a interferência da chuva ácida, obteve como resultado do pH 3, considerado extremamente ácido, o que não aconteceu com o solo.

O mesmo foi feito com o terrário de controle e o resultado de seu pH foi aproximadamente 6,5.

Figura 24: Resultados de pH

Fonte: Dados da pesquisa

Esse apontamento da aula, figura 24, evidencia a importância do uso de um terrário controle para experimentos que requerem a comparação. Como realmente saber se houve alteração na acidez?

Outro aluno utilizou a tabela para elucidar a diferença entre o pH de ambos os terrários (figura 25). A tabela serviu de recurso para análise de dados, cuja função de comparação na elaboração de suas conclusões, a partir dos dados obtidos. Importante ressaltar que a conclusão tomada se enquadra no grau 4 de liberdade intelectual.

A TABELA A SEGUIR MOSTRA OS RESULTADOS DO TERRÁRIO DE OBSERVAÇÃO

Antes do enxofre	Resultados do pH	Depois do enxofre	Resultados do pH
Água	pH 6	Água	pH 2,5/3
Solo	pH 5	Solo	pH 5

A TABELA A SEGUIR MOSTRA OS RESULTADOS DO TERRÁRIO DE CONTROLE

Antes do enxofre	Resultados do pH	Depois do enxofre	Resultados do pH
Água	pH 5	Água	pH 5
Solo	pH 6	Solo	pH 6

Figura 25: Organização e comparação do pH  
Fonte: Dados da pesquisa

Na figura 26, podemos ver a representação por outro aluno, com o uso de fotografias, das etapas para análise do pH.



Figura 26: Análise de pH  
Fonte: Dados da pesquisa

Como encerramento do experimento, os discentes em seu diário de bordo redigiram uma conclusão pessoal. Cada um no seu estilo, relatando suas percepções, pelas quais é possível notar como a atividade de modelação foi um importante recurso para ilustrar as problemáticas propostas. Assim, foram

escolhidos quatro relatos (figuras 27, 28 e 29) referentes à categoria conclusão **(CO)** sobre o tema chuva ácida.

É notável o uso de argumentos na elaboração das conclusões (figuras 28 e 29) produzidas pelos discente, que de acordo com Del-Corso (2004) apud Del-Corso; Trivelato e Batistone e Silva (2017, p.4), a argumentação é um indicador de alfabetização científica

São encontrados quando uma afirmação é feita baseada em dados, que podem ser empíricos ou não, e estes levam a uma conclusão. Comumente são encontradas justificativas que avalizam a relação entre a conclusão e os dados que levam a ela, mas esta justificativa não é condição *sine qua non*. Aparecem para defender e justificar opiniões.

A alfabetização científica envolve aspectos epistemológicos do fazer ciência, e pode ser alcançada através do Ensino Investigativo utilizando modelo como recurso didático.

**Conclusão**

Com a finalização do trabalho podemos concluir que a chuva ácida é um importante tema a ser tratado e estudado, pois este apresenta diversos impactos negativos no meio ambiente principalmente com a questão de desregulação de pH tanto no solo quanto na água proporcionando assim um meio de desenvolvimento inadequado para os seres vivos. Nos terrários foi possível observar essa acidificação e estudá-las de forma mais fácil já que está em uma atmosfera reduzida.

Figura 27: Conclusão e atmosfera reduzida.  
Fonte: Dados da pesquisa

Sendo assim, quando a umidade chegou ao ponto de saturação, a água se condensou nas paredes do terrário, como se fosse uma chuva.

Dado estes fatos, rematamos que o experimento realizado foi um sucesso, já que pudemos perceber os efeitos da chuva ácida em um ecossistema.

Figura 28: Conclusão e efeitos da chuva ácida.  
Fonte: Dados da pesquisa

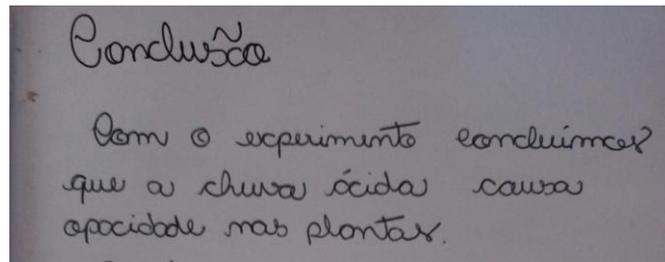


Figura 29: Conclusão e opacidade nas plantas.  
Fonte: Dados da pesquisa

#### 4. CONCLUSÃO

Tendo em vista todo o acompanhamento, análises e teses criadas pelo grupo, arrematamos que uma ótima maneira de reproduzir (em pequena escala) as condições ambientais e climáticas da nossa atmosfera, de um modo facilmente acessível, seria a construção de um terrário onde se alocairiam plantas e outros seres, podendo ser eles totalmente terrestres ou não, que fariam o papel de representar os seres vivos do meio externo em si e poderíamos observar mudanças ocorridas nesses organismos diante, de por exemplo, um experimento envolvendo chuva ácida, assim como se deu o nosso.

Com as observações realizadas durante todo o procedimento em relação ao experimento da chuva ácida, podemos concluir que mesmo dentro de um pote, um recipiente, o enxofre tem propriedades para danificar a fauna e a flora local. Também sabemos que é isso que se sucede em várias partes do mundo, o aumento da queima de materiais fósseis, conseqüentemente, causa o aumento do  $\text{SO}_2$  na atmosfera, causando danos como os citados no diário, acidificação do solo, prejuízo em vegetais entre outros. Então se faz necessária a diminuição dessas queimas e também a conscientização da população.

Figura 30: Conclusão e terrário.  
Fonte: Dados da pesquisa

O relato da figura 30 é uma evidência de como um terrário é considerado modelo por um aluno. Este aponta a capacidade de representação do tipo análoga com abordagem semântica. Além da capacidade representativa, o aluno percebe também a relação entre os seres vivos e as conseqüências causadas pela chuva ácida, destaca a importância da observação e relaciona o que foi ocorrido no modelo com a realidade. Dessa forma, o modelo tem a capacidade de proporcionar ao pesquisador, que, no caso, são os alunos, “a focar em aspectos chave do alvo coerente com seus objetivos” (MOZZER; JUSTI, 2018, p.4), sendo o objetivo deste grupo investigar as ações da chuva ácida no ecossistema.

### Fotossíntese:

Na transcrição analisada – trecho 1, referente ao grupo com o tema fotossíntese, ficou bem nítida a observação **(OB)**, categoria que demonstra a capacidade da percepção dos fatos.

#### Trecho 1:

Al 27: Vocês querem desmontar para analisar mais profundamente?

Al 21: Sim.

Al 30: O vidro **estava bem menos molhado**, mas quando a gente **tirou alumínio**, ele ficou desse jeito. **Começou a molhar bem**, começou a chover, mas que estranho, **quando não tem interferência de luz, a umidade ficou quase nula. (OB)**

Al 21: **A umidade diminuiu com o alumínio. (OB)**

Destaque na chuva, ela diminuiu e assim que a gente trazia na luz aumentava, então a principal interferência é a luz.(...)

A areia está bem molhada embaixo, **a umidade desceu toda para areia. (OB)**

Prof: Concentração da umidade, porque nós colocamos cascalho, areia e depois terra? Lembra da função do fundo?

Alunos: **Lençol freático**

Os resultados observados são representados por meio de um desenho, na figura 31, onde os efeitos causados pelo bloqueio da luminosidade levaram a diminuição da condensação e crescimento de um broto sem clorofila.

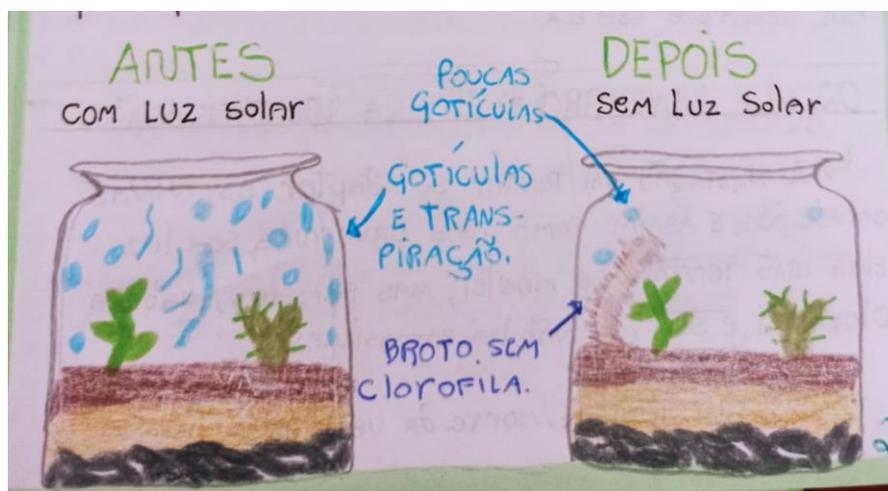


Figura 31: Interferência da luz solar  
Fonte: Dados da pesquisa

O ocorrido foi descrito por outro aluno, que afirma que a diminuição da “chuva” no terrário foi devido à ausência de luz (figura 32).

As mudanças observadas foram quase as mesmas da análise anterior, a quantidade de umidade diminuiu muito, quase não há mais "chuva" no vidro e as plantinhas começaram a estabilizar-se, pararam de perder clorofila e atingiram tons amarelados.

Figura 32: Umidade e chuva no terrário  
Fonte: Dados da pesquisa

Nesta conclusão (figura 33), o aluno 23 atribui à ausência de clorofila juntamente com a falta de luz a causa da morte desse vegetal. **(CO)**. É importante registrar que a conclusão dos alunos aconteceu a partir de uma sequência de eventos, como discussão, teste, observação, evidência, relacionamento de conceitos já internalizados e, conseqüentemente, a elucidação da sua resposta como conclusão.

**IV. CONCLUSÃO**

Após todas as análises feitas e os resultados obtidos, nós concluímos que a fotossíntese interferiu sim no experimento, onde a falta de luz impediu a realização deste processo feito pelas plantas, e que por causa disso, a umidade do terrário diminuiu e as folhas ficaram cada vez mais queimadas, e apesar de um broto de trevo ter nascido, ele nasceu sem clorofila e morreria dias após ter nascido. Sendo assim, pode-se afirmar que o experimento foi realizado com sucesso, atendendo as expectativas da orientadora e obtendo êxito nos resultados.

Figura 33: Conclusão e falta de luz.  
Fonte: Dados da pesquisa

Essa sequência de eventos que levam à conclusão se caracteriza como um processo epistemológico elaborado pelos discentes e está de acordo com o papel analógico do modelo apontado no estudo de Mozzer e Justi (2018, p.4),

enquanto cientistas, conscientes das relações analógicas que ambos podem estabelecer e, portanto, da possível função de modelos como representações parciais, tendem a vê-los como ferramentas que possibilitam a elaboração e teste de ideias.

Para elaborar e testar ideias, os cientistas, assim como os alunos mesmo que de modo simplificado, elaboraram analogias para explicar tais fenômenos, tendo envolvido tentativas e abandonos de ideias, como já explicitado anteriormente por Mozzer e Justi (2018) e Guerrero (2020).

#### Efeito estufa:

Os recortes abaixo pertencem a alunos do grupo que modelizou a temática das consequências do efeito estufa no meio ambiente. Infelizmente, não foi possível a medição da temperatura devido à falta de termômetro nos dias em que as atividades foram realizadas. Foi solicitada sua compra, porém, ocorreu um atraso na entrega. Por essa razão, o grupo não conseguiu mensurar a temperatura, mas pôde perceber instintivamente a elevação dela, usando apenas esse aumento de temperatura como dado. O grupo realizou discussões e apontamentos, concluindo **(CO)** mesmo sem êxito o experimento (figura 34).

Depois que terminamos de fazer a análise do nosso terrário, o nosso grupo entrou em uma pequena discussão de porque o nosso ecossistema não deu certo e percebemos que para que ele desse certo nós precisavamos arranjar plantas de preferência não suculentas, além da questão de que tudo teria que estar equilibrado como a temperatura, água, solo com presença de matéria orgânica, e principalmente à presença de uma fotossíntese e de um ciclo de água estando os dois trabalhando em conjunto sempre. Bom e assim nós terminamos o nosso pequeno ecossistema e chegamos ao fim da nossa análise.

Figura 34: Resultados e suculentas  
Fonte: Dados da pesquisa

Este grupo, em especial, me perguntou se poderia “desmontar” o terrário para verificar como estava o interior, e assim o fez. Na imagem 35, segue um relato sobre a visualização dessa etapa, que fornece a comprovação de que havia um excesso de água, que acabou por comprometer o resultado esperado.

Depois de tudo isso nós abrimos o nosso terrário para ter-se uma melhor visualização do que aconteceu e do porque as plantas estavam mortas, então primeiro pegamos um papel Kraft e colocamos as plantas no mesmo e os restos como a terra, areia e as pedras foram colocadas em uma vasilha para tentarmos achar as minhocas, só que o solo estava extremamente encharcado e talvez por esta razão as minhocas não tenham conseguido sobreviver, pois nós não achamos indícios das mesmas, somente uns minúsculos seres que não sabemos se podem ser considerados restos de animais mortos que estavam se transformando ou quase virando matéria orgânica, e assim sem as minhocas não aconteceria nutrição do solo e nem mesmo a oxigenação, por fim chegamos à conclusão também de que foi o excesso de água, que impossibilitou ter-se a presença de um ciclo de água ou de um lençol freático, pois a terra acabou sugando toda aquela água o que deixou a mesma úmida.

Figura 35: Observação no interior do terrário.  
Fonte: Dados da pesquisa

Realizei ao grupo um questionamento sobre qual o motivo da obtenção de uma resposta diferente do esperado, solicitando uma explicação sobre como surgiram os fungos. O grupo passou a refletir sobre o ocorrido em seu modelo. No recorte da figura 36, é possível ver a descrição feita por um discente sobre uma discussão (DG) que levou à troca de ideias, compondo, assim, novas teorias sobre o aparecimento dos fungos. Chegaram à conclusão de que, acidentalmente, criaram um ambiente propício para o desenvolvimento desses seres vivos.

A professora ao perceber que o nosso não deu certo fez a seguinte pergunta "Porque o de vocês não deu certo e o que vocês acham sobre surgir os fungos? entrem em um pequeno debate para descobrir", nós começamos a conversar sobre o assunto de porque os fungos surgiram e percebemos que para falar a verdade criamos um lugar propicio aos fungos, pois eles se desenvolvem em lugares quentes e úmidos e o nosso pote estava exatamente com este ambiente, além de que achamos também que colocamos muito água e pelas plantas serem suculentas elas podem ter acabo morrendo afogadas, por questão de talvez tiver uma evapotranspiração em excesso, mas mesmo assim o solo continuava muito úmido, e na questão do trevo o mesmo era alongado, pois ele estava à procura de água e luz solar e por isso estava em uma parte mais para o lado do pote, pois era ali que estavam alojadas algumas gotas de água e era o lado que mais tinha incidência solar.

Figura 36: Novos questionamentos sobre resultados.  
Fonte: Dados da pesquisa

A conclusão apresentada na figura 37 indica que o grupo esperava dois resultados diferentes do que aconteceu, ou seja, apresentavam duas hipóteses distintas. Embora com as evidências já discutidas em recortes anteriores, pôde correlacionar a morte das plantas com o excesso de água, já que não são adaptadas a esse tipo de ambiente. Outro ponto importante a ser citado é a percepção do aluno em relação à atividade aplicada, a qual compreende um dos objetivos - a investigação – almejados durante todo o processo, principalmente pela curiosidade que o grupo teve de “desmontar” o terrário e analisar com certa profundidade.

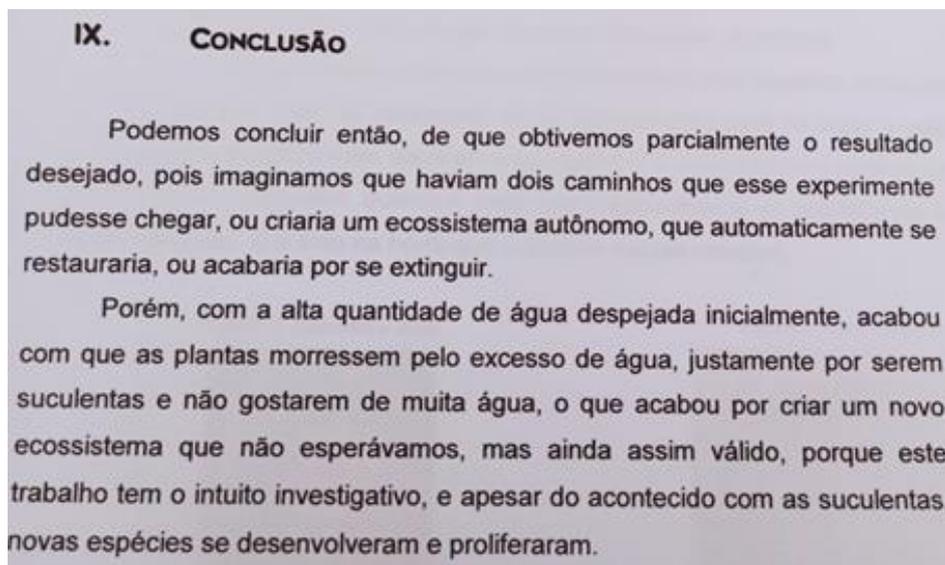


Figura 37: Conclusão parcial  
Fonte: Dados da pesquisa

### Sucessão ecológica:

A última interferência analisada foi sobre sucessão ecológica, sendo que o esperado era a ocorrência da sucessão ecológica primária nas rochas colocadas no modelo. Nas observações, acabaram por assumir esse erro, conforme resultado apresentado na figura 38.

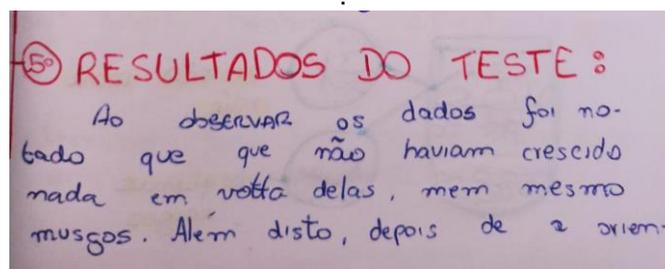


Figura 38: Resultado do teste  
Fonte: Dados da pesquisa

Uma aluna descreveu como resultado (figura 39) o surgimento de plantas menores (DR), e acaba por atribuí-lo à fertilidade do solo, porém, não percebeu que esse fenômeno pode ser visto como um exemplo de sucessão secundária, focando apenas na explicação da sucessão primária, conforme descreveu na figura 40.

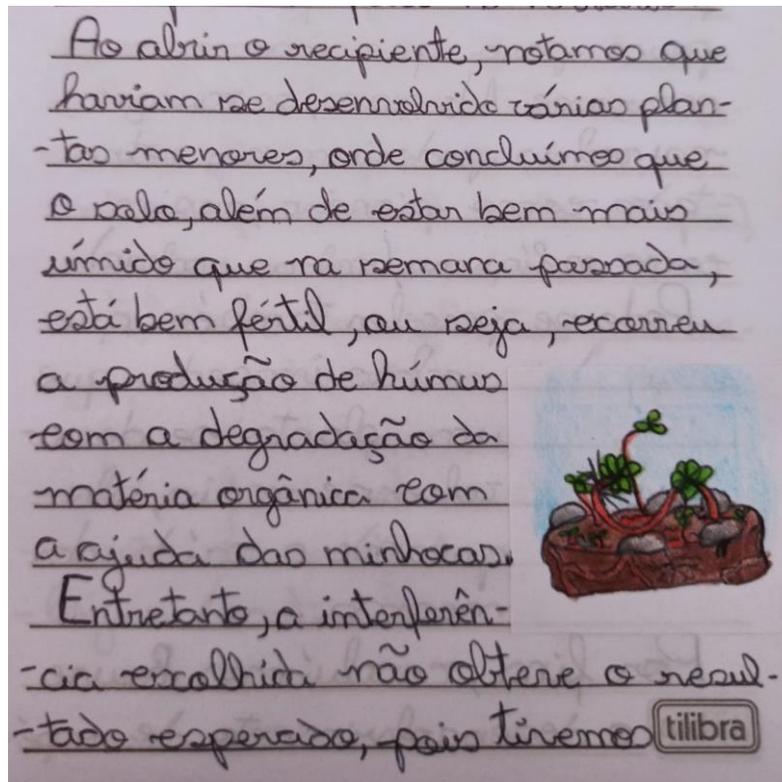


Figura 39: Produção de húmus  
Fonte: Dados da pesquisa

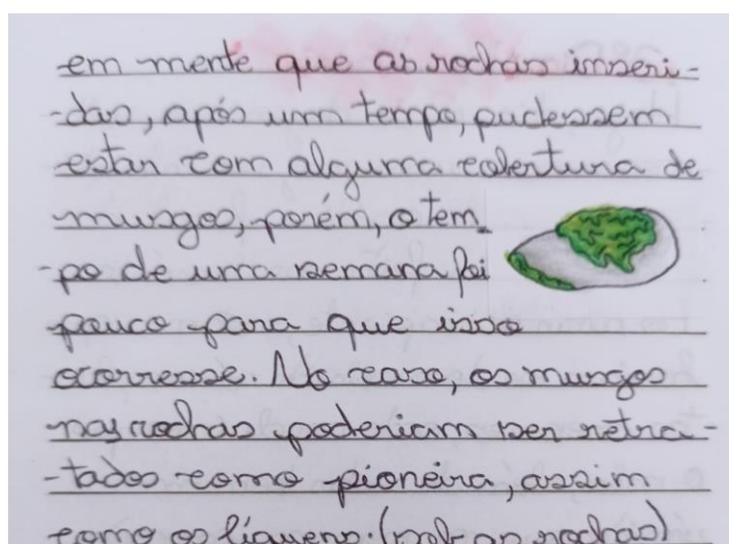


Figura 40: Sucessão primária.  
Fonte: Dados da pesquisa

Alguns alunos notaram uma discreta coloração verde (figura 41) na rocha inserida, mas não a utilizaram como evidência de uma sucessão primária, contudo atribuíram ao local onde ela estava anteriormente **(HP)**.

Primeiro nós tínhamos achado que não havia acontecido absolutamente nada, que a rocha não causara efeito nenhum. Tínhamos percebido um pouco de musgo na planta, sim, mas já estava com ela quando a pegamos.

Figura 41: Cor da pedra e ambiente anterior.  
Fonte: Dados da pesquisa

Como conclusão, uma aluna realizou algumas pontuações acerca de suas observações, apresentando fatos e contra-argumentando (figuras 42 e 43).

→ Não ocorreu tudo dentro do planejado, pois a hipótese para o teste estava errada, resultando em um experimento falho;

Figura 42: Hipótese errada.  
Fonte: Dados da pesquisa

**→ CONCLUSÃO:** Nesta breve conclusão, posso citar algumas coisas a serem questionadas e comentadas.

O fato de não visto a presença de minhocas pode indicar mesmo que ela esteja morta, como dito no 1º dia, porém contém caminhos na terra, o que pode indicar que ainda esteja viva.

As rochas tinham uma coloração forte e uma cor verde, muito semelhante ao próprio musgo, acredito eu que possa ser por conta do local onde estava.

A colocação da pedra pode de alguma forma retardar o crescimento de uma espécie? Ou até mesmo parar?

Figura 43: Conclusão e questionamentos.  
Fonte: Dados da pesquisa

Nesses trechos e recortes do diário de bordo apresentados, é notável o uso da inteligência espacial, descrita por Abreu (2002), citada na tabela 1 desta dissertação. As diferentes inteligências múltiplas são perceptíveis em todo o processo de construção, observação, manipulação e construção do terrário. Ademais, outras inteligências empregadas se correlacionam com a epistemologia da ciência, como a verbal linguística, estando expressa em todas as discussões, definições de hipóteses e argumentando.

Justi e Gilbert (2003) realizaram uma pesquisa sobre qual a visão dos professores acerca da natureza dos modelos. Dentre alguns aspectos observados, pode-se evidenciar que, para os professores, os modelos são reprodutores de algo, podem ter usos diferentes, são passíveis de alteração e podem ser utilizados para fazer-se previsões, característica essa percebida durante as etapas da SEI.

Durante a realização da modelagem, Gilbert e Boulter (1998 p.13) elencam quatro papéis de destaque: prover descrição e representação; facilitar a percepção de que teorias podem ser investigadas, testadas e experimentadas; aumentar a perspectiva de psicologia cognitiva, ou seja, o entendimento da natureza de modelos e modelagens; revelar que os modelos possuem um papel significativo no dia a dia em sala de aula.

Todos esses papéis representados pelos modelos estiveram presentes nessa **SEI de modelagem** com o terrário, concomitantemente com a potencialidade da construção da Ciência (**Epistemologia da Ciência**), na qual os alunos foram capazes de criar e testar suas hipóteses, bem como observar, coletar e questionar as evidências, obtendo, assim, conclusões, desta forma, a figura 44 representa a relação entre essa tríade: modelo analógico, EI e epistemologia.

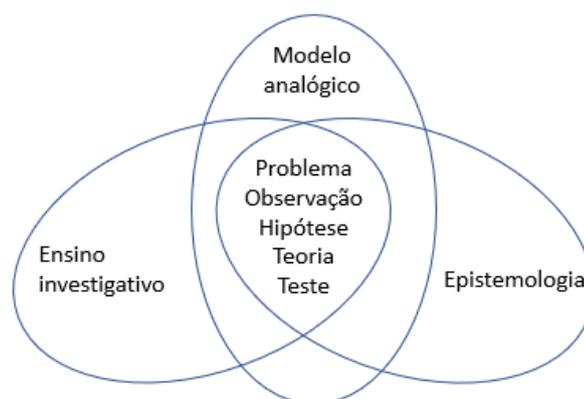


Figura 44: Correlação entre modelo analógico, EI e epistemologia.

Fonte: A autora

“Os modelos funcionam como uma ponte entre a teoria científica e o mundo experimentado, a realidade. Podem também trazer representações simplificadas” (GILBERT, 2004, p.116), assim como o terrário representa um miniecosistema, onde podem ocorrer pequenas interferências, que foram realizadas pelos alunos aplicando a epistemologia da ciência, tendo a função de “explicar os fenômenos do mundo, o que é um dos objetivos da investigação científica”, fazendo com os alunos construam explicações e que, de acordo com o autor, faz parte das principais competências para a vida na União Europeia (GALINDO, 2013, p.12).

A autonomia teve grande representatividade no desenvolvimento, percebida nas discussões acerca da asserção de atitudes frente às possibilidades de interferências, sendo um grande facilitador no processo de ensino e aprendizagem, o que corrobora com as ideias de Batista (2011, p.3):

Suas principais características envolvem autonomia, poder representacional e capacidade de promover relações entre teorias científicas e o mundo, podendo atuar, conseqüentemente, como poderosos agentes no processo de aprendizagem, sendo considerados meio e fonte de conhecimento.

É muito comum, na literatura, encontrar referências sobre a importância do uso de modelos durante o processo de ensino e aprendizagem, mas percebe-se que não há uma unanimidade entre os autores quanto à participação dos alunos durante o processo de elaboração dos modelos, o que acabo por contradizer nesse estudo, enfatizando a heurística e o empirismo na epistemologia da modelização, visto que a participação dos alunos na elaboração é imprescindível para ocorra com eficácia o processo de ensino aprendizagem. Carvalho (1998), em sua literatura, apresentou:

Além dessas discussões, em todas as atividades experimentais demonstrativas os alunos tiveram que refletir sobre o que havia acontecido e descrever suas observações, ou seja, reflexões, discussões, relatos e ponderações já citadas, com isso a atividade experimental deixa de ser apenas uma ilustração da teoria e torna-se um instrumento riquíssimo do processo de ensino (CARVALHO, 1998, p.5).

Assim, a autora destaca a importância da experimentação em sala, promovendo interações que não são tão perceptíveis quando o conteúdo é abordado apenas na teoria.

O terrário como recurso de modelagem vai além da *experimentação* que contempla o teste de hipóteses, permite também a *exploração* que possibilita várias estratégias de coletas e informações que são posteriormente organizadas e sistematizadas pelos alunos que são usadas como evidência para que construam explicações para responder a questão estabelecida (Scarpa; Silva, 2013).

O professor assume um papel de investigador junto com o aluno, trocando conhecimento e dando a este a segurança de expor suas ideias e seus conceitos recém-formados, permitindo ao professor avaliar seu próprio método de ensino. Através dessa metodologia, o professor conclui que, para o aluno, é muito mais fácil compreender algo que pode ser tocado, observado com calma, do que aquilo que é totalmente novo e abstrato para ele.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tendo a transcrição dos diálogos como evidência de discussões entre os discentes e o diário como uma ferramenta rica em apontamentos e conclusões individuais e coletivas acerca da atividade experimental, é possível considerar que o experimento é capaz de promover um enriquecimento na aprendizagem e desenvolvimento de habilidades ao requerer diversas inteligências, relacionadas com a capacidade de modelização, concomitante com a abordagem da Epistemologia da Ciência.

Várias correlações com a realidade são feitas ao longo da montagem, o que torna o terrário uma ferramenta válida para a observação de conceitos ecológicos, bem como de sua composição e funcionamento. A laboração da escolha de interferência foi capaz de promover nos alunos, inicialmente, um processo de modelização mental, ao ser lançada uma hipótese a ser testada. Alguns testes realizados, assertivos em relação à hipótese inicial, ou mesmo aqueles que não tiveram resultados expressivos conforme dizeres dos alunos, foram capazes de demonstrar a capacidade de testagem, bem como a construção da Ciência.

Nesta perspectiva, demonstra-se a capacidade do modelo terrário em aproximar a ciência dos cientistas com a sala de aula, devido à utilização das etapas de construção científica – epistemologia – trazendo esses aspectos inerentes à prática dos cientistas aos discentes. Proporciona o Ensino Investigativo de modo dinâmico, não de modo simplista, mas com devida profundidade que se pode alcançar em uma sala de aula em posse de recursos limitados. Essas etapas fazem parte do processo de construção do conhecimento tanto científico bem como manifestação de inteligências múltiplas definidas por Gardner, as quais destaco: a verbal-linguística relacionada à discussão e produção do diário de bordo; espacial – ocorreu quando o aluno percebeu o terrário como um ambiente reduzido; interpessoal – relação com os colegas; corporal-cinestésica – quando o aluno mesmo sem termômetro percebe que ocorreu um aumento da temperatura; naturalista – ao perceber a relação entre os componentes do terrário e ecossistema e bem como sua manutenção.

A capacidade que o terrário apresenta, de ser analógico e semântico, oportuniza a utilização de problemas autênticos, no caso, fenômenos ambientais;

permite aos alunos utilizarem previamente conceitos já internalizados; fornece evidências para a formulação de explicações; além de necessitar que resultados coletados sejam avaliados, para, assim, elaborar uma conclusão.

Portanto, o terrário pode ser usado como instrumento Didático-Científico, o qual possibilita observações, testagem, construções coletivas de argumentos, hipóteses e conclusões, facilitando o processo de ensino e aprendizagem de conceitos biológicos como a Ecologia. O estudo sobre conceitos ecológicos através da investigação, proporciona ao educando possibilidades de interação com o meio, bem como experimentação sobre conceitos reais e atuais, acarretando numa visão holística e interacionista sobre a problemática ambiental.

## REFERÊNCIAS

ABREU, K. de. **Uma aplicação das inteligências múltiplas no aprendizado de Matemática: representação gráfica de funções de 1º e 2º graus**. 2002. 130 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Florianópolis, 2002.

ALVES, D. P. **Formação continuada para professores de Ciências nas séries iniciais: uso de modelos e modelagem para introdução de conceitos químicos**. 2012. 224 f., il. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências). Universidade de Brasília, Brasília, 2012.

ANDRÉ, M. A. Questões sobre os fins e sobre os métodos de pesquisa em Educação. **Revista Eletrônica de Educação**. São Carlos. São Paulo: UFSCar, v.1, no. 1, p. 119-131, set. 2007

ARAGÓN, L., JIMÉNEZ-TENORIO, N., OLIVA-MARTÍNEZ, J. M., ARAGÓN-MÉNDEZ, M. M. La modelización en la enseñanza de las ciencias: criterios de demarcación y estudio de caso. **Rev. Cient.**, Bogotá, n. 32, p. 193-206, Aug. 2018. Disponível em: <[http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0124-22532018000200193&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0124-22532018000200193&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 06/10/2019.

BACHELARD, G. **O novo espírito científico**. Rio de Janeiro: Tempo Brasileiro, 2001

BALBINOT, M. C. Uso de modelos, numa perspectiva lúdica, no ensino de ciências. **IV Encontro Ibero-Americano de coletivos escolares e redes de professores que fazem investigação na sua escola**. Disponível em: <[http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/2010/artigos\\_teses/2010/Ciencias/Artigos/perspectiva\\_ludica.pdf](http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/2010/artigos_teses/2010/Ciencias/Artigos/perspectiva_ludica.pdf)>. Acesso em: 01/06/2019.

BARBOSA, E. F. **Instrumentos de coleta de dados em Pesquisa**. Minas Gerais, 1999. Disponível em: <<http://www.sit.com.br/SeparataENS0019.htm>>. Acesso em: 07/10/2019.

BARBOSA, E. F.; MOURA, D. G. **Metodologias ativas de aprendizagem na Educação Profissional e Tecnológica**. B. Tec. Senac, Rio de Janeiro, v. 39, n.2, p.48-67, maio/ago. 2013.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 2016.

BATISTA, I. de L; SALVI, R. F; LUCAS, L. B. **Modelos científicos e suas relações com a epistemologia da ciência e a educação científica**. VIII Enpec, 2011. Disponível em: <<http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/viiienpec/resumos/R1554-2.pdf>>. Acesso em: 08/09/2019.

BELLINI, M. Epistemologia da Biologia: para se pensar a iniciação ao ensino das Ciências Biológicas. **Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos.**, Brasília, v. 88, n. 218, p. 30-47, jan.abr. 2007.

BOTELHO, L. A.; **O Terrário como instrumento organizador da aprendizagem em Ciências da 8ª série (9º ano)**. Secretaria de Estado da Educação – SEED Superintendência da Educação - SUED Diretoria de Políticas e Programas Educacionais – DPPE- 2008.

BRADÃO, C R.; BORGES, M.C. **A pesquisa participante: um momento da educação popular**. In: BRANDÃO, C. R.; STRECK, D, R. (Orgs). Pesquisa participante: o saber da partilha. Aparecida, SP: Ideias e Letras, p. 50-62, 2006.

CACHAPUZ, A.; CARVALHO, A. M.; GIL PÉREZ, D; VILCHES, A. **A necessária renovação do ensino das Ciências**. Cortez Editora Impresso no Brasil, mar. 2005.

CACHAPUZ, A.; PRAIA, J.; JORGE, M. **Da educação em ciência às orientações para o ensino das ciências: um repensar epistemológico** Ciência & Educação, Bauru, v. 10, n. 3, p. 363-381, 2004.

CAPECCHI, M. C. V. M. **Problematização no Ensino de Ciências**. In Carvalho, A. M. P. (orgs). Ensino de Ciências por Investigação: condições para implementação em sala de aula (p. 21-40), São Paulo: Cengage Learning, 2013.

CARVALHO, A. M. P. **Ensino de ciência por investigação: condições para implementação em sala de aula**. Cengage Learning, São Paulo, 2013.

Disponível em:

<[https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/2670273/mod\\_resource/content/1/Texto%206\\_Carvalho\\_2012\\_O%20ensino%20de%20ci%C3%A7%C3%A2ncias%20e%20a%20pr%C3%A7%C3%A3o%20de%20sequ%C3%A2ncias%20de%20ensino%20investigativas.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/2670273/mod_resource/content/1/Texto%206_Carvalho_2012_O%20ensino%20de%20ci%C3%A7%C3%A2ncias%20e%20a%20pr%C3%A7%C3%A3o%20de%20sequ%C3%A2ncias%20de%20ensino%20investigativas.pdf)>. Acesso em: 26/05/2019.

\_\_\_\_\_. **Ensino de ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula**. São Paulo, Cengage Learning 2013.

\_\_\_\_\_. **Fundamentos Teóricos e Metodológicos do Ensino por Investigação**. *Revista Brasileira De Pesquisa Em Educação Em Ciências*, 18(3), 765–794. 2018

CEZAR, F. B.; SILVA, A. A.; FERRAZ, D. F.; JUSTINA, A. D. **Ensino por investigação em aulas de ciências: reconstrução de ideias dos alunos sobre fluxo de energia**. Ensino, Saúde e Ambiente, v. 9, n. 3, p. 21-43, dez. 2016.

CHIBENI, S. S. **Algumas observações sobre o “método científico”**. Departamento de Filosofia, IFCH, Unicamp, Brasil, dez. 2006. Disponível em: <[www.unicamp.br/~chibeni](http://www.unicamp.br/~chibeni)>. Acesso em: 02/12/2019.

CHITTLEBOROUGH, G. D.; TREAGUST, D. F. Why Models are Advantageous to Learning Science. **Educ. quím.** México, v. 20, n. 1, p. 12-17, 2009. Disponível em: <[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0187-893X2009000100001&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-893X2009000100001&lng=es&nrm=iso)>. Acesso em 26/07/2020.

DEL-CORSO, T. M.; TRIVELATO, S. L. F.; SILVA, M. B. Indicadores de Alfabetização Científica em Relatórios Escritos no Contexto de uma Sequência de Ensino Investigativo. In: **XI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – XI ENPEC**, 11., 2017. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC . Anais... 2017.

DIESEL, A.; BALDEZ, A.; MARTINS, S. Os princípios das metodologias ativas de ensino: uma abordagem teórica. **Revista Thema**, v.14 n. 1 p. 268-288, 2017.

DUTRA, L. H. de A. Os modelos e a pragmática da investigação. **Sci. stud.**, São Paulo, v. 3, n. 2, p. 205-232, jun, 2005. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1678-31662005000200003&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1678-31662005000200003&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 03.out.2019

FERREIRA, Poliana Flávia Maia. **Modelagens e suas contribuições para o ensino de ciências: uma análise no equilíbrio químico**. 2006. 1 v. Tese (Dissertação) - Curso de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006.

GARDNER, H. **Estruturas da Mente - A teoria das inteligências múltiplas**. 1ª ed., Porto Alegre: Artes Médicas, 1994.

GIL PÉREZ, D.; MONTORO, I. F.; ALÍS, J. C.; CACHAPUZ, A.; PRAIA, J. **Para uma imagem não deformada do trabalho científico**. Ciência & Educação, Bauru, v.7, n.2, p.125-153, 2001a.

GILBERT, J. K.; BOULTER, C.J.; **Aprendendo ciências através de modelos e modelagem**; in: Modelos e Educação em ciências; COLINVAUX, D. ed. Ravil 1998.

GILBERT, J. Models and Modelling: Routes to More Authentic Science Education. **International Journal of Science and Mathematics Education**. 2004.

GÖDEK, Y. The importance of modelling in science education and in teacher education **Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi** n. 26, p. 54-61 2004.

GÓMEZ, G, A. Explicaciones narrativas integradas y modelización en la enseñanza de la biología. **Enseñanza de las Ciencias**, n. 31, v.1, p. 11-28, 2013.

GUERRERO, J.A.C.; Los modelos em la enseñanza ciencias. In: Delamain, F.M (Org.). **Modelos y modelaje enseñanza ciencias naturales**. 1. Ed. México: Universidas Nacional Autónoma de México, 2010

HARRISON, A. G.; TREAGUST, D. F. A typology of school science models. **International Journal of Science Education**, 22:9, 1011-1026.

JÚNIOR, E. X. S. **Avaliação do uso de modelos anatômicos alternativos para o ensino-aprendizagem da anatomia humana para alunos do ensino fundamental de uma Escola Pública da cidade de Petrolina, PE**. Dissertação, (Mestrado) Educação em Ciências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2015.

JUSTI, R. & GILBERT, J.K. Modelling Teachers' view on the nature of modelling, and implications for the education of modelers. **International Journal of Science Education**, n. 24, p. 369-387, 2002.

JUSTI, R. Relações entre argumentação e modelagem no contexto da ciência e do ensino de ciências **Rev. Ensaio**. Belo Horizonte v.17, n. especial, p. 31-48. nov. 2015.

KAPRAS, S.; QUEIROZ, G.; COLINVAUX, D.; FRANCO, C. Modelos: uma análise de sentidos na literatura de pesquisa em ensino de ciências. **Investigações em Ensino de Ciências**. v. 2, v. 3, p.185-205, 1997.

LIMA, A.M.; MOZZER, N.B. **Análise do Entendimento Conceitual em uma Sequência Didática sobre o Uso de Pesticidas Fundamentada na Modelagem Analógica**. Quím. Nova Esc. – São Paulo-SP, BR. Vol. 41, Nº 1, p. 82-97, 2019

LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. E.D.A. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**. São Paulo: EPU, 1986.

MARICATO, F., E., **A (re)construção coletiva do conceito de interação biológica: contribuição para a epistemologia da Biologia e a formação de pesquisadores e professores**. 2012. 222 f. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências de Bauru, 2012. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/102045>>. Acesso em 04/01/2020.

MARTINAND, J. L. **Actes du séminaire de didactique des disciplines technologiques 1994—1995**. ENS, Cachan, 1996.

MELZER, E. E. M. **Do saber sábio ao saber a ensinar: a transposição didática do conteúdo modelo atômico de livros de química (1931 – 2012)**. 2012. 555 f. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e em Matemática) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

MORGAN, M. S.; MORRISON, M. **Model as Mediators: perspectives on natural and social science**. Cambridge University Press, New York, 1999.

MUNFORD, D. C; LIMA, M. E, C. Ensinar ciências por investigação: em quê estamos de acordo? **Revista Ensaio**. Belo Horizonte, v.09, n.01, p.89-111, jan. jun, 2007.

OLIVEIRA, V. B. V.; PAZ, A. M da; ABEGG, I; SILVA, M. Cadeia alimentar: modelos e modelizações no ensino de ciências naturais. **IV Enpec**. 2003 Bauru. Disponível em: <<http://www.abrapecnet.org.br/enpec/iv-enpec/orais/ORAL048.pdf>>. Acesso em: 06/10/2019.

OLIVEIRA, A. M. de, Gerevini, A. M., & Strohschoen, A. A. G. (2017). DIÁRIO DE BORDO: UMA FERRAMENTA METODOLÓGICA PARA O DESENVOLVIMENTO DA ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA. **Revista Tempos E Espaços Em Educação**, 10(22), 119-132. <https://doi.org/10.20952/revtee.v10i22.6429>

PAIVA, R. G. B. **A imaginação na ciência, na poética e na filosofia** – São Paulo: Annablume; Fapesp, p. 232, 2005.

PAZ, A. M.; ABEGG, I.; FILHO, J. P.A.; OLIVEIRA, V. L. B. Modelos e modelização no ensino: Um estudo da cadeia alimentar **Rev. Ensaio**. Belo Horizonte, v.08, n.02, p.157-170 jul dez. 2006.

PIETROCOLA, M. **A ciência em perspectiva. Estudos, ensaios e debates**. Org: Ana Maria Ribeiro de Andrade. Rio de Janeiro: MAST: SBHC, 2002.

PIETROCOLA, M. Construção e realidade: o realismo científico de Mário Bunge e o ensino de ciências através de modelos. **Investigações em Ensino de Ciências**. v.3, p. 213-227, 1999.

PIETROCOLA, M. **A história e a epistemologia no ensino das ciências: dos processos aos modelos de realidade na educação científica**. Publicado no livro: A ciência em perspectiva. Estudos, ensaios e debates. Org. Ana Maria Ribeiro de Andrade. Rio de Janeiro: MAST: SBHC, Coleção História da Ciência, v.1, Departamento de Física – Universidade Federal de Santa Catarina, 2002.

POLISELI, L.; OLIVEIRA, E, F.; CHRISTOFFERSEN M, L. O Arcabouço filosófico da biologia proposto por Ernst Mayr. **Revista Brasileira de História da Ciência**. Rio de Janeiro, v. 6, n. 1, p. 106-120, jan-jun 2013

PORTUGAL, A. dos S; SANTANA, J. J., BEHRISIN, M. C de OLIVEIRA D. Construindo um terrário e reconstruindo modelos mentais em discussões na epistemologia ecológica. **South American Journal of Basic Education**, Technical and Technological. v. 4, n.1, p 42-53, 2017.

PRAIA, J. F; CACHAPUZ; A, F, C GIL-PÉREZ, D. Problema, teoria e observação em ciência: para uma reorientação epistemológica da educação em ciência. **Ciência & educação**, v.8, n. 1, p.127 – 145, 2002a.

PRAIA, J.; CACHAPUZ, A.; GIL-PÉREZ, D. A hipótese e a experiência científica em educação em ciência: contributos para uma reorientação epistemológica. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 8, n. 2, p. 253-262, 2002b.

PRESTES, M. E. B. Uso de modelos na ciência e no ensino de ciências. **Boletim de História e Filosofia da Biologia**. p.4-10, mar. 2013. Disponível em

<<http://www.abfhib.org/Boletim/Boletim-HFB-07-n1-Mar-2013.pdf>>. Acesso em 12/10/2019

ROSA, R. T, N. Terrários no ensino de ecossistemas terrestres e teoria ecológica. **RBECT**, v 2, n. 1, jan., abr.2009.

SAMPIERI, R. H; COLLADO, C. F; LUCIO, M del P. **Metodologia de Pesquisa**, 5ª ed, cap. 15. Porto Alegre: Penso, 2013.

SANTOS, W. L. P.; MORTIMER, E. F. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência - Tecnologia - Sociedade) no contexto da educação brasileira. **Ens. Pesqui. Educ. Ciênc. (Belo Horizonte)**, Belo Horizonte, v. 2, n. 2, p. 110-132, Dec. 2000. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1983-21172000000200110&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1983-21172000000200110&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 21/01/2021.

SAYÃO, L. F. **Modelos teóricos em ciência da informação – abstração e método científico**. Ci. Inf., Brasília, v. 30, n. 1, p. 82-91, jan. abr. 2001.

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.espec, 2015.

SCARPA, D. L.; CAMPOS, N. F. Potencialidades do ensino de Biologia por Investigação. **Estud. av.**, São Paulo, v. 32, n. 94, p. 25-41, Dec. 2018. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-40142018000300025&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142018000300025&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 24/01/2021.

SETÚVAL, F. A. R; BEJARANO, N. R. Os modelos didáticos com conteúdo de genética e a sua importância na formação inicial de professores para o ensino de ciências e biologia. **VII Enpec**, Florianópolis. 2009. Disponível em: <<http://posgrad.fae.ufmg.br/posgrad/viienpec/pdfs/1751.pdf>> Acesso em: 07/10/2019.

SILVA, F. S da; CATELLI, F. Os modelos no Ensino de Ciências: Reações de estudantes ao utilizar um objeto-modelo mecânico concreto analógico didático (OMMCAD). **Rev. Bras. Ensino Fís.**, São Paulo, v. 42, e 20190248, 2020. Disponível em <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1806-11172020000100610&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172020000100610&lng=pt&nrm=iso)>. Acesso: em: 25/08/2020.

SILVA, G. S.; DANTAS, P.F.C.; GOIS, C.B.; FILHO, J.C.S Epistemologia da ciência: Algumas considerações. **VII Encontro Paulista de Pesquisa em Ensino de Química. Santo André**, 2013. Disponível em: <<http://eventos.ufabc.edu.br/eppeq2013/anais/resumos/41.pdf>>. Acesso em: 03/03/ 2019.

SILVEIRA, F. P.R.A. OLIVEIRA, T. R.C., PINHEIRO, L. MENDONÇA, C. A.S., KOCK, A. **A contribuição da Epistemologia da Ciência para o ensino e a**

**pesquisa em Ensino de Ciências: de Laudan a Mayr**, 2012. Disponível em: <<http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/viiienpec/resumos/R0898-1.pdf>>. Acesso em: 10/09/2019

TEIXEIRA, N. F. **Metodologias de pesquisa em educação: possibilidades e adequações**. Caderno pedagógico, Lajeado, v. 12, n. 2, p. 7-17, 2015.

TESSER, G. J. Principais linhas epistemológicas contemporâneas. **Educ. rev.** Curitiba, n.10, p. 91-98, dez. 1994. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0104-40601994000100012&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-40601994000100012&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 03/01/2020.

TRAD, L. A. B. **Grupos focais: conceitos, procedimentos e reflexões baseadas em experiências com o uso da técnica em pesquisas de saúde**. Physis, Rio de Janeiro, v.19, n. 3, p. 777-796, 2009.

VYGOTSKY L. S. Mind in Society – **The Development of Higher Psychological Processes**. Cambridge MA: Harvard University Press, 1978.

ZÔMPERO, A. de F.; LABURÚ, C. E. As atividades de investigação no Ensino de Ciências na perspectiva da teoria da Aprendizagem Significativa. **Revista Electronica de Investigacion en Educacion en Ciencias**, 5 (2), 12-19, 2010. Disponível em <http://reiec.sites.exa.unicen.edu.ar> Acesso em 24/01/2021

# ANEXO

## Anexo A – Atividade: Objeto na caixa



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ABC**  
**ESPECIALIZAÇÃO EM ENSINO DE QUÍMICA**



### ROTEIRO DO EXPERIMENTO

#### Objeto na Caixa

**Objetivo:** Realizar uma atividade experimental para demonstrar o processo das ciências naturais para elaborar uma hipótese e para confirmar tal suposição.

**Conteúdos:** Discutir as hipóteses e os experimentos que podem ser empregados para compreender as propriedades e as características da matéria em seu nível microscópico, assim como ocorreu no histórico de elaboração do modelo atômico.

**Procedimento:** O professor deve escolher três objetos pequenos, de características distintas, e colocar dentro de uma caixa escura. A caixa deve ser fechada e, de preferência, “lacrada” para que não possa ser aberta. Os alunos não podem ver os objetos que foram colocados no interior da caixa.

Sugestão para preparo de diferentes caixas:

Caixa 1	Caixa 2	Caixa 3	Caixa 4
Uma moeda	Uma borracha	Uma pedra	Uma bolinha de papel amassado
Uma tampa de caneta	Um prendedor de cabelo	Um pente	Um giz
Um lápis	Uma bolinha vidro	Um apontador	Uma régua

OBS: as caixas podem ser de qualquer material, desde que não permitam a visualização dos objetos internos: caixa de sapato, caixa papelão, caixinha de giz de lousa. Os objetos podem ser trocados por quaisquer outros. As caixas podem ser repetidas para adequar o experimento para quantos grupos houverem.

### **Questões a serem discutidas com os alunos antes da execução do experimento.**

Depois de explicar o que os alunos irão fazer, mas antes dos alunos manipularem as caixas, discuta com alunos questões como:

- Que tipos de medição podemos utilizar para tentar descobrir qual é o objeto escondido dentro da caixa? (Neste momento, o professor deve instigar a discussão com todos os alunos da sala, como por exemplo perguntando: Usar uma balança para pesar a caixa seria útil neste caso? Porque? Usar o som dos objetos ao sacudir a caixa seria útil neste caso? Em um laboratório científico “mais avançado”, que tipo de equipamentos vocês acham que poderiam ser utilizados (Laser, Raio-X)?

- Que tipo de suposições podemos fazer sobre os objetos antes de manipularmos a caixa? (Ainda questionando todos da sala, o professor pode perguntar: Por exemplo, podemos fazer alguma suposição sobre o tamanho dos objetos que estão dentro destas caixas? O que mais podemos supor sobre estes objetos?)

- Qual a metodologia, ou melhor, quais os passos que poderiam ser adotados durante o trabalho de descobrir os objetos dentro da caixa?

(Ainda questionando todos da sala: Qual é a primeira medida a ser realizada ao receberem a caixa? Vão sacudir, pesar, comparar? Quais são as primeiras hipóteses que buscarão comprovar ou descartar? Quais medidas e quais resultados permitiriam descartar uma hipótese, por exemplo, de que temos um objeto metálico dentro da caixa?)

### **Realização da atividade prática.**

Após serem separados em grupos, os alunos receberão uma das caixas preparadas pelo professor. Os alunos poderão realizar qualquer tipo de medida e qualquer tipo de movimento com a caixa para tentar descobrir quais são os três objetos lá dentro. A caixa não pode ser aberta em momento algum. Estipular um tempo de 15 minutos para esta etapa.

### **Questões a serem discutidas com os alunos depois da execução do experimento:**

- Que objetos cada grupo supõe estar dentro da caixa? O grupo tem certeza destes objetos ou são hipóteses que ainda precisam ser confirmadas?

- Quais foram as hipóteses levantadas pelo grupo sobre os objetos e quais foram as medidas que foram realizadas para comprovar ou descartar a hipótese?

- Para os objetos que não puderam ser definidos com grande certeza, quais medidas poderiam ser realizadas em um laboratório “mais avançado” para que fosse possível confirmá-los? (Neste momento o professor pode discutir as possibilidades e as limitações de alguns equipamentos, como o Raio-X por exemplo, mostrando que em alguns casos este equipamento também não possibilitaria determinar os objetos com precisão)

### **Discussão final**

Após o final do experimento, realizar uma discussão sobre a relação entre o trabalho que os alunos fizeram e o método que a ciência emprega para determinar a estrutura da matéria. Falar sobre a importância para as ciências naturais de i) levantar hipóteses, ii) realizar experimentos, iii) propor modelos e teorias, iv) reformular hipóteses.

Como o desenvolvimento científico conseguiu comprovar existência do átomo sendo que não é possível vê-lo ou tocá-lo? Qual é a estrutura de um átomo? Quais foram os passos da ciência para determinar a estrutura de um átomo?

### **Referências**

- Desvendando objetos desconhecidos: uma experiência investigativa em aulas práticas de Bioquímica, Bianca Caroline Rossi-Rodrigues, Eduardo Galembeck, VIIIENPEC, resumos/R1415, disponível em <http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/viiienpec/resumos/R1415-1.pdf>

- Jennifer Fogaça, Equipe Brasil Escola, disponível em <https://educador.brasilecola.uol.com.br/estrategias-ensino/dinamica-caixa-como-auxilio-no-entendimento-evolucao-.htm>