

Sequência de Ensino Investigativa: Indícios da Alfabetização Científica e Tecnológica no ensino de Cargas Elétricas

Investigative Teaching Sequence: Evidence of Scientific and Technological Literacy in Teaching Electric Loads

Secuencia de Enseñanza Investigativa: Evidencia de Alfabetización Científica y Tecnológica en la Enseñanza de Cargas Eléctricas

José Alexandre Berto (alexbertoalex@gmail.com)

Universidade Federal do Paraná - UFPR, Brasil

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-5246-7698>

Carla Ceschin Ramos (carlaceschinramos@gmail.com)

Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, Brasil

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-1675-2357>

Fabiana Pauletti (fpauletti@utfpr.edu.br)

Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, Brasil

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-5896-5110>

João Manoel da Silva Malheiro (joomalheiro@ufpa.br)

Universidade Federal do Pará - UFPA, Brasil

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-2495-7806>

Leonir Lorenzetti (leonirlorenzetti22@gmail.com)

Universidade Federal do Paraná - UFPR, Brasil

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-0208-2965>

Resumo

Este trabalho buscou investigar uma proposta de Sequência de Ensino Investigativo trabalhada com alunos do 3º ano do Ensino Médio de um Colégio Estadual pertencente a Rede Estadual de Ensino do Estado do Paraná que abordou o tema cargas elétricas. Para esta pesquisa, do tipo qualitativa, optou-se por utilizar como metodologia de análise a Análise Textual Discursiva, cujas categorias *a priori* foram os eixos estruturantes da Alfabetização Científica e Tecnológica as quais foram identificadas no percurso

investigativo. O processo de pesquisa do tipo intervenção pedagógica foi registrado por videogravação e produções textuais onde foi possível evidenciar a elaboração dos conceitos científicos, o entendimento da natureza da ciência e das relações Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente, indicando que os estudantes que participaram das atividades propostas se apropriaram dos conhecimentos dentro dos pressupostos da Alfabetização Científica e Tecnológica.

Palavras-chave: Alfabetização Científica e Tecnológica; Ensino por investigação; Cargas Elétricas.

Abstract

This work sought to investigate a proposal for an Investigative Teaching Sequence worked with 3rd year high school students from a State College belonging to the State Education Network of the State of Paraná that addressed the topic of electrical charges. For this qualitative research, we chose to use Discursive Textual Analysis as a methodology of analysis, whose a priori categories were the structuring axes of Scientific and Technological Literacy which were identified in the investigative path. The research process of the pedagogical intervention type was recorded by video recording and textual productions where it was possible to evidence the elaboration of scientific concepts, the understanding of the nature of science and the Science-Technology and Society and Environment relationships, indicating that the students who participated in the activities proposals appropriated the knowledge within the assumptions of Scientific and Technological Literacy.

Keywords: Scientific and Technological Literacy; Investigative Teaching; Electric Charges.

Resumen

Este trabajo buscó investigar una propuesta de Secuencia de Enseñanza Investigativa trabajada con estudiantes de 3° año de la enseñanza media de un Colegio Estadual perteneciente a la Red Estadual de Educación del Estado de Paraná que abordó el tema de las cargas eléctricas. Para esta investigación cualitativa, se optó por utilizar el Análisis Textual Discursivo como metodología de análisis, cuyas categorías a priori fueron los ejes estructurantes de la Alfabetización Científica y Tecnológica, que fueron identificados en el trayecto investigativo. El proceso de investigación de la intervención pedagógica fue registrado mediante grabación de videos y producciones textuales donde fue posible evidenciar la elaboración de conceptos científicos, la comprensión de la naturaleza de la ciencia y las relaciones Ciencia-Tecnología y Sociedad y Medio Ambiente, indicando que los estudiantes que participaron en las propuestas de actividades se apropiaron de los saberes dentro de los supuestos de la Alfabetización Científica y Tecnológica.

Palabras-clave: Alfabetización Científica y Tecnológica; Docencia Investigativa; Cargas Eléctricas.

INTRODUÇÃO

Carvalho (2013) e Sasseron (2015) defendem que o ensino de Ciências por investigação caracteriza-se como proposta didático-pedagógica que problematiza situações cotidianas e sociais, a qual instiga os educandos a questionarem e planejarem estratégias para a busca de evidências inserindo-os na cultura científica. Este processo, assentado no fazer científico, caracterizado pelas ações de registro, avaliação e explicação dos fenômenos analisados contribui para o desenvolvimento de um processo de ensino contextualizado, assim como, para a autonomia e liberdade intelectual dos sujeitos envolvidos.

Neste sentido, Ventura Costa e Venturi (2021) e Zompero e Laburu (2011) também consideram que o ensino de Ciências por investigação pode inserir o educando no universo científico, uma vez que seguem as metodologias científicas buscando a construção do conhecimento escolar. Isso contribui para o desenvolvimento de atividades cognitivas amparadas no levantamento de hipóteses, anotações, observações, coleta de dados, análise de dados e na argumentação feita pelos sujeitos.

Ainda com Sasseron (2015), percebe-se o entendimento de que o Ensino de Ciências deve almejar a Alfabetização Científica (AC) dos envolvidos considerando as perspectivas culturais da escola e das ciências. A autora defende que tal processo pode ser atingido ao se utilizar a abordagem didática do ensino de Ciências por investigação. Visto que tal abordagem, alinhada aos processos de argumentação, contribuem para a formação do cidadão atuante e pertencente à sociedade em que vivem, conhecendo e reconhecendo a sua realidade.

Assim, este trabalho tem como objetivo analisar como uma Sequência de Ensino Investigativa (SEI), abordando o tema cargas elétricas no 3º ano do Ensino Médio,

possibilitando o desenvolvimento da Alfabetização Científica e Tecnológica (ACT) dos estudantes que participaram das suas atividades.

PRESSUPOSTOS TEÓRICOS

Segundo Zompero e Laburú (2016), os alunos enquanto discutem e argumentam sobre um determinado fenômeno estão processando cognitivamente a compreensão da atividade. Dessa forma, estudantes quando instigados, se mostram curiosos para desenvolver o que está sendo proposto. Mas é preciso destacar o papel do professor ao conduzir as atividades, promovendo oportunidades motivadoras, dialógicas e propositivas sobre o que está sendo trabalhado. Assim, entende-se que o professor é o sujeito responsável pela provocação de problemas a serem investigados, os quais gerarão percepções e discussões que permitirão a ampliação dos conhecimentos prévios, levando os estudantes a reflexão e colaboração mútua para além das atividades práticas num processo de respeito às diferentes ideias que surgirem (CARVALHO et al., 1998).

É nessa esteira que as Sequências de Ensino Investigativas tendem a desenvolver e mobilizar diversas habilidades, entre elas a habilidade cognitiva. Mas para que o engajamento dos estudantes aconteça, precisa-se analisar se a atividade proposta desperta o interesse dos estudantes, exigindo deles a participação e tomada de decisões. Em termos, Sasseron e Machado (2017), apontam que a exposição de um tema pode ser tornar uma atividade investigativa, porém essa exposição deve ser dialogada, permitindo que os alunos participem do processo. E as perguntas devem proporcionar o trabalho com informações, concepções e conhecimentos.

Carvalho *et al.* (2009) indicam que uma SEI, devidamente organizada e pensada num processo que envolva os estudantes nos processos experimentais, deve seguir sete etapas as quais estão descritas no Quadro 1.

Quadro 1 - Etapas da Sequência de Ensino Investigativa.

Etapas	Descrição
1-O professor propõe o problema	Etapa em que os estudantes são divididos em grupos, de quatro a cinco alunos, onde o professor propõe o problema a ser elucidado, conforme a disponibilidade dos materiais apresentados para essa elucidação.
2-Agindo sobre os objetos para ver como eles reagem	Momento em que os alunos verificam os materiais disponíveis para o experimento operacionalizando-os. O professor observa o processo certificando que os estudantes compreenderam o problema proposto.
3-Agindo sobre os objetos para obter o efeito desejado	Os estudantes interagem com os objetos buscando a solução do problema inicial. O professor acompanha os grupos observando e questionando o processo, instigando os alunos a verbalizar e demonstrar como estão pensando e agindo.
4-Tomando consciência de como foi produzido o efeito desejado	Logo que os estudantes encontrem uma solução razoável para o problema, o professor promove discussões entre a turma possibilitando que todos possam demonstrar como chegaram a suas considerações.
5-Dando explicações causais	Etapa em que o professor deve questionar os grupos sobre os resultados alcançados, esclarecendo o que deu certo e o que não foi exitoso.
6-Escrevendo e desenhando	Nesse momento os estudantes devem escrever e desenhar o que foi realizado explicando o porquê chegaram aquelas considerações.
7-Relacionando atividade e cotidiano	Etapa na qual o professor deve realizar aproximações do cotidiano dos estudantes ao que foi desenvolvido nas atividades, esclarecendo que as atividades experimentais investigativas não se constituem em simples operação de objetos, sendo muito próximas de situações familiares observadas no cotidiano e nas práticas sociais.

Fonte: Adaptado de Carvalho et al. (2009).

Ao se utilizar de questionamentos propositivos sobre o que está sendo proposto e verificar como os estudantes produzem seus argumentos e como tomam suas decisões ao elaborar seus conceitos, evidencia-se o envolvimento destes com a atividade investigativa proposta.

Quando devidamente elaboradas, as SEI também se direcionam para o desenvolvimento e ampliação da Alfabetização Científica e Tecnológica promovendo oportunidades para os estudantes buscarem novas informações, investigar, elaborar uma explicação para o fenômeno proposto, além de correlacionar com os estudos já desenvolvidos sobre o tema proposto. Lorenzetti e Delizoicov (2001) e Sasseron e Machado (2017) concebem a alfabetização científica como um processo que se inicia na vida de cada indivíduo, sendo sistematizado na escola, mas que não se restringe unicamente ao espaço escolar, destinando-se às ações que cada um desempenha em outros âmbitos e espaços de sua vida, ou seja, é um processo interativo em permanente construção.

Cachapuz et al (2005) e Fourez (2016) indicam que a ACT consiste numa proposta formativa onde o Ensino de Ciências mira para o exercício pleno da cidadania científica. Assim, o ensino mecânico e descontextualizado cede lugar para a concepção ampla de Ciência como empreendimento humano e social, na qual são discutidos e refletidos de forma crítica as trajetórias e resultados das práticas científicas e tecnológicas (SCHULTZ; BONOTTO, 2022).

Neste sentido, Sasseron (2015) defende que um processo apropriado de Alfabetização Científica deve contemplar concepções e habilidades referenciadas pelo Ensino de Ciências os quais são definidos pelos seguintes eixos: (a) a compreensão básica de termos e conceitos científicos que se constituem no entendimento de conceitos-chave necessários para leitura de informações cotidianas; (b) a compreensão da natureza da Ciência e dos fatores que influenciam sua prática, a qual possibilita ao cidadão reconhecer como as práticas científicas são efetivamente desenvolvidas; o entendimento

das relações entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA), na qual o indivíduo consegue identificar o quanto as práticas científicas e tecnológicas influenciam sua vida.

Desta forma, Carvalho (2013) defende que as propostas de SEIs objetivam tanto no aprendizado dos conceitos, termos e noções científicas como no aprendizado de ações, atitudes e valores próprios da cultura científica, ou seja, permitem que o estudante, por meio da linguagem da Ciência, se alfabetizar cientificamente.

PERCURSO METODOLÓGICO

Este trabalho se caracteriza por desenvolver uma pesquisa de natureza qualitativa do tipo intervenção pedagógica. Para Damiani (2013), a intervenção pedagógica deve ser concebida como uma proposta de ação implementada para contribuir para a solução de problemas práticos. Neste caso, o intuito foi observar indícios da ACT (Alfabetização Científica e Tecnológica) no processo de ensino de Ciência por investigação com o estudo das cargas elétricas numa turma de 3º ano do Ensino Médio do período integral num Colégio Estadual pertencente a Rede Estadual de Ensino do Estado do Paraná. O tema foi escolhido por ser um dos conteúdos da referida série, além de tratar de um fenômeno muito presente na vida cotidiana das pessoas.

A escola foi escolhida por apresentar a série do Ensino Médio que, tradicionalmente, trabalha o conteúdo elencado, além de ofertar o ensino em tempo integral que dispõe das componentes curriculares Física e Práticas Experimentais. Os dois primeiros autores deste trabalho, são professores da rede estadual e responsáveis pelo desenvolvimento da SEI, sendo um deles o diretor do estabelecimento e o outro, professor técnico da Secretaria de Estado da Educação do Paraná (SEED-PR).

A turma em que as atividades foram desenvolvidas, contém 15 estudantes e foram formados três grupos, sendo que dois grupos foram compostos por cinco integrantes, um grupo composto por quatro integrantes e um estudante preferiu realizar as atividades

sozinho. Um estudante faltou nestes dias. Para análise dos dados, serão utilizados os seguintes códigos para definição dos participantes: os dois professores-pesquisadores, serão denominados por P1 e P2. Enquanto estudantes por E1, E2, até E14.

Estas atividades foram desenvolvidas no laboratório de Ciências, onde foram separados nas bancadas os kits com os materiais para a experimentação, que são a saber: um palito de fósforo, duas moedas de cinquenta centavos, uma bexiga e um copo plástico transparente. Assim, em grupos e de modo individual os estudantes ocuparam as bancadas do laboratório.

O processo foi elaborado dentro das etapas indicadas por Carvalho et al. (2009) conforme supracitado e para o desenvolvimento da mesma, foi considerado as categorias *a priori* dos três eixos estruturantes da AC (SASSERON, 2015).

A constituição do *corpus* de análise foi feita por meio de videogravação e mediante o roteiro com atividades da SEI indicando a problematização, ações e processos para investigar o fenômeno das cargas elétricas e processos de eletrização.

A primeira etapa da SEI, valeu-se de um roteiro que apresentava uma problematização: Como vocês conseguem fazer com que o palito de fósforo dê um giro de 360°, sem tocá-lo, assoprá-lo ou movimentar a mesa com os materiais disponíveis? Desse modo, os estudantes tinham por desafio, fazer com que um palito de fósforo, girasse num ângulo de 360° sobre as duas moedas fornecidas e também empregando uma bexiga e um copo plástico sem ter contato físico, bem como, sem assoprar ou balançar o palito e as moedas. Na sequência, outras atividades foram sugeridas no intuito de explorar como foram executadas as ações e como elas poderiam ser relacionadas a outros fenômenos como a produção de raios nas nuvens e a utilização dos para-raios. As demais etapas da SEI serão abordadas posteriormente, seguidas da análise dos dados da pesquisa.

Mesmo buscando apresentar uma atividade inédita, que os estudantes não tivessem feito em outros momentos, a turma havia realizado o experimento com outro professor.

Apesar disso, a SEI foi desenvolvida buscando, assim, a indicação de elementos que venham corroborar com as concepções defendidas no trabalho.

Para a análise de dados utilizou-se a Análise Textual Discursiva (ATD) de Moraes e Galiazzi (2011). Neste processo, as produções escritas e falas dos estudantes se constituíram no material que compõe o *corpus* de análise, os quais passaram pelo processo de unitarização para se identificar as unidades de sentido. As categorias *a priori* foram definidas pelos eixos de Alfabetização Científica (SASSERON, 2015) os quais, também, possibilitaram construir tais unidades de sentido, que, confrontadas com as teorias e concepções indicadas, possibilitaram a construção dos metatextos.

No processo de imersão do *corpus* foi possível identificar as unidades de sentido que indicavam as evidências de AC de acordo com Sasseron (2015). Estas evidências indicaram a apropriação do conhecimento científico e tecnológico por parte dos estudantes dentro do problema proposto.

DISCUSSÕES E RESULTADOS

Esta proposta de SEI seguiu as sete etapas propostas por Carvalho et al. (2009), objetivando um processo investigativo que abordasse o fenômeno de produção de cargas elétricas e processos de eletrização.

Assim, como já mencionado, a primeira etapa da SEI consistiu-se na **proposição do problema**: “Como vocês conseguem fazer com que o palito de fósforo dê um giro de 360°, sem tocá-lo, assoprá-lo ou movimentar a mesa com os materiais disponíveis?”

No Quadro 2 são apresentados os dados quantitativos das evidências identificadas durante o desenvolvimento da SEI de acordo com os eixos estruturantes de ACT .

Quadro 2: Número de Evidências de Alfabetização Científica e Tecnológica nas etapas da SEI.

<i>Categorias a priori</i>	Etapas 1 e 2	Etapas 3	Etapas 4	Etapas 5	Etapas 6	Etapas 7
----------------------------	---------------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------

Eixo 1: Compreensão básica de termos e conceitos científicos	-	-	15	21	15	32
Eixo 2: Compreensão da natureza da ciência	-	14	2	28	15	41
Eixo 3: Entendimento das relações entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente (CTSA)	-	-	-	-	-	37

Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

Para identificar as unidades de sentido de acordo com as categorias *a priori*, os discursos e textos produzidos pelos estudantes serão analisados de acordo com os eixos da tabela (1) e indicando as evidências dentro dos eixos da ACT, propostos por Sasseron (2015). Ainda de acordo com o Quadro 2, é possível identificar que nas etapas 1 e 2 da SEI não se observou nenhum indício dos eixos de ACT. Na etapa 3 foram observados 14 indícios dos eixos 1 e 2, mas nenhum do eixo 3. Somente na etapa 7 foram identificados indicadores dos três eixos.

Os professores deram início a atividade apresentando a situação problema incentivando a discussão com os grupos e entre seus membros. Entretanto, ao reconhecer os **“materiais e o problema”**, os estudantes se pronunciaram afirmando que já sabiam como resolver o problema. Assim, observou-se que a problemática proposta começou a ser desenvolvida com a rápida manipulação dos materiais garantindo fácil **“ação sobre os objetos para ver como reagem”**. Nesta segunda etapa, os estudantes montaram seus protótipos indicando saber como agir para tentar resolver o problema indicado, mesmo sendo provocados e questionados pelos professores. Assim, sendo escassas as dúvidas, questionamentos e discussões, prosseguiram para a próxima ação.

A terceira etapa, **“ação sobre os objetos para obter o efeito desejado”**, também ocorreu sem questionamentos ou dúvidas para a maioria dos estudantes. Dois grupos conseguiram fazer o palito girar com facilidade, entretanto, alguns fatores começaram a

produzir dúvidas e questionamentos entre os integrantes e dois grupos não estavam conseguindo eletrizar o balão, ou seja, não conseguiram fazer com que o balão adquirisse carga elétrica ao ser atritado com outros objetos.

Os professores P1 e P2 estavam atentos observando e atendendo os grupos durante as etapas. Um dos estudantes (E4) fez uma fala em tom de brincadeira alegando que isso estava ocorrendo pois eles não estavam lavando o cabelo. Nesse momento o professor P2 fez uma intervenção participando da brincadeira, como é possível observar abaixo:

P2: Vocês estão deixando de lavar o cabelo?

Um estudante pontua:

E4: **O palito não gira com ou sem o copo plástico sobre o modelo...**(Natureza da Ciência)

O professor instiga o grupo:

P2: Vocês tentaram fazer o processo esfregando na blusa?

E4: Já...

E5: **No outro dia conseguimos eletrizar no cachecol...**(Natureza da Ciência)

P2: Você não quer tentar na minha blusa?

E4: **Será que o balão não está molhado? Ou esse aqui?** (indicando o palito de fósforo). (Natureza da Ciência)

P2: Será que o tempo interfere?

Os estudantes do grupo conversam entre si, tentando lembrar se o tempo estava chuvoso ou com sol, frio ou quente no dia em que realizaram o experimento e haviam conseguido eletrizar o balão e fazer o palito girar.(Natureza da Ciência)

P2: Tenta novamente na minha blusa.

E5: **Esfrega o balão novamente na blusa da P2**, aproxima o balão do palito e dessa vez consegue fazer o palito girar. O grupo comemora ao notar que conseguiram realizar a eletrização. (Natureza da Ciência).

Malheiro (2016) e Rocha (2015) pontuam que o ensino investigativo deve ser conduzido por questionamentos e diálogos, orientando para a ação dos estudantes direcionando o trabalho pedagógico para além da simples manipulação e observação. Entretanto, isso não estava ocorrendo, o que despertou dúvidas e questionamentos entre os integrantes. No contexto desse diálogo, é possível perceber que a prática científica nem sempre apresenta o mesmo resultado esperado, indicando que múltiplas variáveis podem estar envolvidas incluindo as ideias que cada educando apresenta do fenômeno estudado. Ou seja, o conhecimento científico é construído por tentativas, erros e por uma diversidade de concepções que nem sempre são consensuais (SASSERON, 2013).

Os grupos indicavam saber qual era o fenômeno que provocava a eletrização do balão e movimento do palito, o que caracterizou a quarta etapa que é a “**tomada de consciência de como foi produzido o efeito desejado**”. A maioria dos estudantes demonstraram entender a ação dos elétrons e dos processos de eletrização.

Na sequência, apresentam-se falas que indicam o conhecimento dos conceitos científicos que explicam o fenômeno:

P2: Quando vocês esfregaram o balão na lã, como vocês explicam o processo ocorrido?

E1: **os elétrons passaram para o balão.** (Termos e conceitos científicos)

P2: Qual foi o tipo de eletrização que ocorreu?

E1: **Por atrito.** (Termos e conceitos científicos)

P2: Quando você aproximou o balão do palito, precisou encostar para ele girar?

E1: **Não.** (Natureza da Ciência)

P2: Vocês sabem qual é o tipo de eletrização neste caso?

E1: **uhm... me ajude pessoal.** (Natureza da Ciência)

E9: Eu não lembro o nome.

P2: São três tipos, lembram? Um é o atrito que já citaram?

E1: Uhm... pera aí. **Atrito, contato** e... (Termos e conceitos científicos)

E9: **Indução**??? (Termos e conceitos científicos)

P2: Indução. Vocês induziram o palito. Em algum momento houve contato?

E1 e E9: Não. Só **atrito e indução**. (Natureza da Ciência e termos e conceitos científicos)

P2: Continua a questionar os estudantes: Será que se o dia estivesse nublado, conseguiríamos o mesmo efeito? Quando estas experiências dão mais certo?

E1: **Quando está seco, não é!**? (Natureza da Ciência e termos e conceitos científicos)

P2: Nos dias nublados podemos até conseguir, mas é mais difícil. E no dia a dia, onde podemos observar estes processos de eletrização, vocês já pensaram que isso ocorre no nosso cotidiano?

E10: **Quando você vai tomar banho, quando vai ligar e desligar o chuveiro, às vezes você toma um choque**. (Natureza da Ciência)

P1: E em outros lugares? Vocês já observaram?

E10: **Quando você passa o braço na frente da televisão...** (Natureza da Ciência).

P1: Vocês já perceberam também quando vão tirar uma blusa de lã, já escutaram algum estalinho?

E9: Já percebi que atrai o cabelo. (Natureza da Ciência)

Carvalho (1998) defende que a proposição de atividades experimentais para a resolução de situações problemas induz o estudante ao desenvolvimento e compreensão dos conceitos científicos. Tal ação também engaja o para uma postura ativa agindo sobre o objeto de seu estudo.

Neste aspecto, Rocha, Malheiro e Teixeira (2018) apontam para o sujeito criativo investigativo, o qual definem como aquele que atua de forma criativa e dinâmica, buscando ampliar seu repertório, procedimental e atitudinal, num processo de investigação que extrapola os materiais e espaços do experimento rumo a outras relações.

Assim, no diálogo citado, foi possível perceber o domínio e a “compreensão básica de termos científicos” indicados pelo eixo 1 da ACT.

Este movimento também já aponta para a quinta etapa da SEI, que se relaciona “**dar explicações causais**”. Assim, os estudantes apresentaram suas próprias explicações para o fenômeno observado na sequência:

As cargas elétricas do fósforo são neutras e quando a bexiga com carga negativa é colocada perto do fósforo a parte negativa irá se repelir e a positiva irá se atrair com a bexiga assim fazendo o palito de fósforo gira. (E14).

Quando esfregamos a bexiga cheia no cabelo ou na lã deixamos a bexiga eletrizada com elétrons, e a aproximamos do palito de fósforo que está eletricamente neutro, as cargas negativas da bexiga se repelem com as cargas negativas do palito (E15).

Ao atritar o balão no cabelo, ele adquire carga elétrica de valor negativo. O palito de fósforo possui carga neutra, ao aproximar o balão do palito, os elétrons positivos são atraídos pelo balão e as cargas negativas são repelidas fazendo assim, o palito girar (E16).

As explicações causais nas citações acima, demonstram as apropriações do conhecimento de três estudantes de grupos diferentes. É possível perceber que cada um construiu suas explicações sobre o fenômeno de maneiras distintas utilizando os conceitos científicos que já dominavam. Os três estudantes demonstraram certa coerência nas respostas, mesmo que E16 tenha indicado um erro conceitual na frase: “[...] os elétrons positivos são atraídos pelo balão e as cargas negativas são repelidas fazendo assim, o palito girar”. Este erro conceitual parece ser uma desatenção de escrita, visto que na sequência o estudante conceitua a “carga negativa” de forma correta.

Conforme Carvalho *et al.* (2009) nos ensina, nas etapas 1, 2 e 3 de uma SEI, os termos científicos não são pontos centrais a serem exigidos dos estudantes, visto que a atenção destes está direcionada na busca de evidências às hipóteses que foram levantadas. Entende-se assim, que os termos distorcidos e os erros conceituais podem ser substituídos no decorrer da atividade, preferencialmente após a etapa 5.

Importante destacar que para que o estudante possa dar essas explicações causais, torna-se necessário destacar o processo de condução e questionamento do professor (SASSERON; MACHADO 2017). Assim sendo, os estudantes têm a oportunidade de refletir criticamente, entendendo as perguntas como parte do processo de construção do conhecimento científico, considerando-o como um empreendimento humano. No diálogo a seguir é possível verificar esse processo:

P1: Como vocês acham que produz a carga elétrica no raio? (Os estudantes pensam, mas, não externam resposta). P1: Insiste questionando:

P1: Como vocês produziram cargas no balão?

E6: **Pelo cabelo.** (Natureza da Ciência)

P1: Se você pensar na experiência que realizaram, dá para relacionar com a produção do raio na nuvem?

E7: No caso da nuvem é o **atrito** né!? Por causa das "coisas" da água produz eletricidade. Gera um **excesso e dá descarga.** (Termos e conceitos científicos)

P1: Se vocês observarem... a nuvem não se movimenta?

E1: Sim. (Natureza da Ciência)

P1: Não é uma massa que se movimenta, se movimenta e se movimenta?

E7: **E está carregada...** (Natureza da Ciência)

P1: Então...essa movimentação de ar gera o quê?

E6 e E7: **Atrito!** (Natureza da Ciência)

P1: Esse atrito gera o quê?

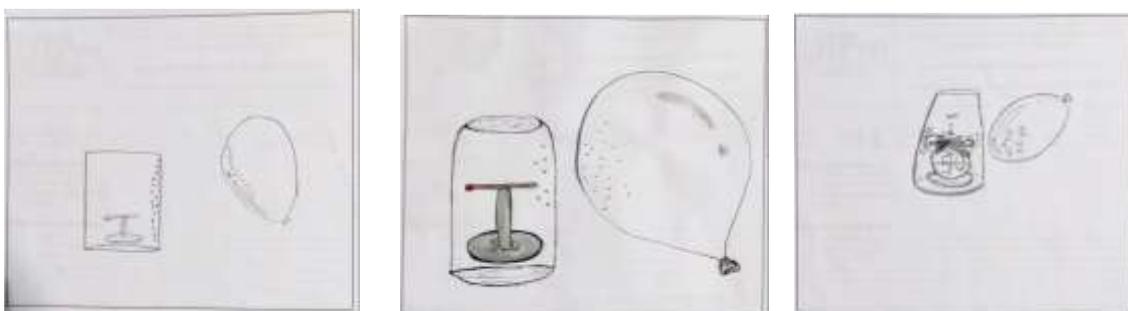
E7: **Gera carga.** Tipo o vento, e tá cheia de vapor, fica girando e se movimentando e **gera o atrito gerando as cargas**, e o para raio seria uma **carga oposta a ela.** (Termos e conceitos científicos e Natureza da Ciência).

Neste sentido, o processo problematizador e questionador contribuiu para a Alfabetização Científica e Tecnológica dos estudantes envolvidos na investigação, uma vez que ao se problematizar o fenômeno de produção dos raios nas nuvens possibilitou a capacidade de pensamento, exploração e imaginação dos educandos na busca soluções

para o problema investigado (MACHADO; SASSERON, 2012). Novamente, é possível perceber os eixos que representam a compreensão básica de termos e conceitos científicos e a compreensão da natureza da ciência.

Na etapa 6 os estudantes criaram **desenhos**, expressando em imagens o entendimento que tiveram do experimento. Neste momento foi possível perceber que a maioria dos estudantes compreendeu a importância das cargas elétricas e dos processos de eletrização.

A Figura 1 apresenta três exemplos dos desenhos produzidos pelos estudantes.



Fonte: Elaborado pelos autores

(2022).

Barbosa (2019) e Almeida, Amorim e Malheiro (2020) defendem que pelos desenhos é possível compreender como os estudantes constroem e expõem o conhecimento científico envolvido numa SEI, ao indicar a exploração do problema proposto, os materiais utilizados, a organização e raciocínio de ideias em cada etapa do processo, assim como as explicações com seu cotidiano e realidade.

A última etapa da SEI constituiu na **relação com o cotidiano**. Para este momento, foi apresentado mais uma situação problematizadora aos grupos relacionando os processos desenvolvidos até então com os fenômenos de produção de raios. Os questionamentos buscavam relacionar o que eles observaram nas atividades que estavam realizando com o fenômeno de produção de raios nas nuvens fomentando discussões entre

os pares. O professor P1 buscou problematizar o que um dos estudantes apontou, conforme indicado na sequência:

P1: O que você que acontece no processo de evaporação? Como a evaporação participa?

E2: **Ele transforma o calor do Sol em energia na Terra.** (Natureza da Ciência e termos e conceitos científicos)

P1: O calor participa do processo de evaporação, está relacionado, o que o calor faz subir para atmosfera?

E2: **Água.** (Termos e conceitos científicos)

P1: O que o vapor d'água forma na atmosfera?

E2: **As nuvens.** (Termos e conceitos científicos)

P1: E como os raios são produzidos nas nuvens então?

Os estudantes se olharam entre os membros da equipe, mas não conseguiram pronunciar uma resposta. O P1 continuou:

P1: Vocês conseguem fazer uma relação do que ocorre nas nuvens com a experimentação que acabaram de fazer? Como vocês produziram a eletrização do balão? Não foi por atrito?

Os estudantes assentiram com a cabeça.

P1: Como as nuvens ficam em constante movimento, não é gerado atrito nelas?

Novamente os estudantes assentiram positivamente. (Termos e conceitos científicos)

P1: Se ocorre atrito, pode ocorrer a formação de cargas elétricas?

E3: Sim. (Termos e conceitos científicos)

P1: Essas cargas elétricas podem produzir raios?

E3: Sim. (Natureza da Ciência)

Para trabalhar este assunto foi proposto aos estudantes assistir o vídeo disponível no Youtube intitulado de “Como os raios se formam? E Como Funciona o pára-raios?”. O vídeo faz uma explanação sobre o processo de formação de cargas elétricas nas nuvens,

bem como a formação dos raios e relâmpagos e a utilização dos pára-raios. Foi possível perceber nas falas e registros escritos dos estudantes que a maioria deles conseguiu entender como as cargas elétricas promovem a formação dos raios e relâmpagos, bem como, fazer relações com o cotidiano e o ambiente.

Na sequência foi realizada uma discussão geral sobre os processos observados e como os estudantes observam os fenômenos relacionando-os em suas compreensões científicas, tecnológicas, sociais e ambientais. Neste momento foi possível observar as seguintes pontuações:

P1: Muito bem. Nós conversamos sobre algumas tecnologias que o homem utiliza para se proteger ou se beneficiar diante destes fenômenos um você já falou que é o para-raio. Nós comentamos sobre como o para-raio funciona, inclusive como é a proteção de um prédio que tem uma estrutura de fios que o envolvem chamado como mesmo?

E7: Gaiola de Faraday. **Seria muito interessante se os para-raios das casas e prédio pudessem captar a energia desses raios e convertesse em energia. Isso poderia ser usado e haveria uma economia.** (Natureza da Ciência e CTSA)

P1: Isso seria muito interessante, mais infelizmente ainda não temos essa tecnologia disponível nas nossas casas para aproveitar os raios, que no caso do Brasil, são bem abundantes.

P1: Ao se falar sobre as tecnologias temos que entender que a ciência e a tecnologia andam sempre juntas, uma influenciando a outra, e os produtos delas estão relacionados com a sociedade ora beneficiando ora prejudicando. Vocês podem dar alguns exemplos de prejuízos?

E1: As bombas. (CTSA)

P1: Isso mesmo. A ciência e a tecnologia desenvolvidas para produzir bombas foram pensadas para matar pessoas. O que mais?

E3: As drogas. (CTSA)

E7: Poluição. (CTSA)

P1: Isso mesmo. Isso está provocando uma situação crítica em nosso planeta atualmente, vocês sabem dizer qual é?

E1: destruição da camada de ozônio. (CTSA)

E7: poluição das águas. (CTSA)

E1: Aquecimento global. (CTSA)

E2: Derretimento das geleiras. (CTSA)

P1: Certo. Isso que vocês colocam são consequências sérias, mas existe uma consequência que está sendo muito discutida na mídia que já está trazendo tragédias em diversos locais...?

E2: **Mudanças climáticas.** (CTSA)

P1: Isso aí. As mudanças climáticas são uma consequência da ciência e da tecnologia produzidas também. Para se produzir bens de consumo muitos recursos naturais são explorados, para se fazer uma caneta, a nossa roupa...

E7: **um celular.**

P1: Muito bem. Você deu um exemplo interessante que é celular. Ele é um objeto que todo mundo deseja ter e quem os produz diminui o tempo de duração deles, por quê?

E7: **Por que eles querem estimular o consumo, querem que a gente compre mais.** (CTSA)

P1: Isso é muito importante. Pois vocês citaram várias consequências que os conhecimentos científicos podem trazer para a humanidade. Dá pra perceber que o simples fenômenos das cargas elétricas influenciam na produção de uma enorme quantidade de tecnologias que temos disponíveis, mas isso também traz muitas consequências.

E7: **As pessoas precisam se conscientizar sobre como agir para ajudar na preservação do ambiente.** (CTSA)

Linsingen (2007) destaca que promover a percepção dos estudantes sobre as interferências das tecnociências na sociedade é fundamental para que os cidadãos se capacitem a fim de participarem ativamente na tomada de decisão visando o fortalecimento da democracia e a transformação social.

Assim, é possível observar que os três eixos da Alfabetização Científica e Tecnológica foram contemplados nesta proposta indicando que os estudantes se apropriaram dos conhecimentos científicos e tecnológicos; exercitaram suas habilidades em promover o pensamento crítico, o raciocínio, a argumentação, a exposição de ideias,

a colaboração em grupo indicando elementos da natureza da ciência; e promoveram discussões sobre as relações CTSA, conforme explicitado nos diálogos destacados no presente texto.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O ensino de Ciências por Investigação mostra-se como uma proposta dinâmica de fomentar aulas que têm o potencial de despertar o interesse dos educandos para a aprendizagem em Ciências de forma significativa, partindo de problemas do cotidiano, os quais despertam mormente a curiosidade dos estudantes.

O aprendizado sobre fenômenos da eletricidade, como os das cargas elétricas, pode ser, didaticamente, melhor trabalhado com os estudantes se for planejado dentro das perspectivas de um processo investigativo que explore os conceitos científicos, a argumentação, as diversas formas de se pensar e agir, a problematização e contextualização. Neste contexto, a presente proposta teve como objetivo analisar como uma SEI, abordando o conteúdo de cargas elétricas no 3º ano do Ensino Médio, poderia desenvolver os eixos de ACT. Assim, ao se desenvolver o trabalho foi possível perceber a necessidade de se proporcionar mais atividades de ensino investigativo aos estudantes devido a diversos fatores relacionados aos processos de ensino e aprendizagem.

Ao se propor esse processo investigativo percebeu-se o engajamento dos estudantes na formação dos grupos e na realização das atividades, demonstrando que as aulas podem ser muito mais que listas de exercícios e atividades de memorização e conteudistas. Dessa forma, a frustração inicial dos professores-pesquisadores foi minimizando, quando começaram a questionar os estudantes quanto aos processos que estavam executando, indicando que as perguntas e dúvidas desestruturam o conhecimento previamente construído, abrindo caminho para outros conhecimentos mais elaborados e estruturados.

Nesse sentido, uma proposta investigativa pode ser revisitada pelos estudantes desde que se proporcione a devida problematização e contextualização. Quanto às

evidências dos três eixos de ACT, foi possível percebê-los nas falas, atitudes, dúvidas, olhares, interações e textos produzidos pelos estudantes, apesar do desenvolvimento da SEI ter ocorrido em três aulas apenas.

AGRADECIMENTO

Os autores 4 e 5 agradecem os recursos financiados pelas bolsas de incentivo à pesquisa concedidos pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ).

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, W. N. C.; DE AMORIM, J. L.; MALHEIRO, J. M. S. O desenho e a escrita como elementos para o desenvolvimento da alfabetização científica: análise das produções dos estudantes de um clube de ciências. **ACTIO: docência em ciências**, v. 5, n. 3, p. 1-23, 2020.

BARBOSA, D. F. S. **Perguntas do professor monitor e a alfabetização científica de alunos em interações experimentais investigativas de um Clube de Ciências**. 156f. 2019. (Dissertação de Mestrado em Educação em Ciências e Matemáticas). Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemáticas, Instituto de Educação Matemática e Científica, Universidade Federal do Pará, Belém, 2019.

CACHAPUZ, A.; GIL- PEREZ, D.; CARVALHO, A. M. P. de; PRAIA, J.; VILCHES, A. **A necessária renovação do ensino das ciências**. São Paulo: Cortez, 2005.

CARVALHO, A. M. P. *et al.* **Ciências no Ensino Fundamental: o conhecimento físico**. São Paulo: Scipione, 1998.

CARVALHO, A. M. P. *et al.* **Ensino de Ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula**. São Paulo: CENGAGE, 2013.

CARVALHO, A. M. P.; VANNUCCHI, A. I.; BARROS, M. A.; GONÇALVES, M. E. R.; REY, R. C. **Ciências no ensino fundamental: o conhecimento físico**. São Paulo: Scipione, 2009.

DAMIANI, M. F. *et al.* Discutindo pesquisa do tipo intervenção pedagógica. **Cadernos de Educação**, Pelotas, n. 45, p. 57-67, 2013.

FOUREZ, G. Crise no ensino de ciências? **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 8, n. 2, p. 109-123, 2016.

LORENZETTI, L.; DELIZOICOV, D. Alfabetização científica no contexto das séries iniciais. **Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 3, n. 1, 2001.

LINSINGEN, V. I. Perspectiva educacional CTS: aspectos de um campo em consolidação na América Latina. **Ciência & Ensino**, v. 1, n. esp., nov. 2007.

MACHADO, V. F.; SASSERON, L. H. As perguntas em aulas investigativas de ciências: a construção teórica de categorias. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**. v. 12, n. 2, p. 29-49, 2012.

MACHADO, V. F.; SASSERON, L. H. **Alfabetização científica na prática: inovando a forma de Ensinar Física**. São Paulo: Editora Livraria da Física. 2017.

MALHEIRO, J. M. S. Atividades experimentais no Ensino de Ciências: limites e possibilidades. **ACTIO: Docência em Ciência**, v. 1, n. 1, p. 107-126, 2016.

MORAES, R.; GALIAZZI, M. C. **Análise Textual Discursiva**. Ijuí: Unijuí, 2011.

MORTIMER, *et al.* **Matéria, energia e vida: uma abordagem interdisciplinar: Materiais, luz e som: modelos e propriedades**. 1^a ed. editora Scipione, São Paulo, 2020.

SASSERON, L. H. Interações discursivas e investigação em sala de aula: O papel do professor. In: CARVALHO, A. M. P. (Org.). **Ensino de Ciências por Investigação: Condições para implementação em sala de aula**. São Paulo: Cengage Learning:2013.

SASSERON, L. H. Alfabetização científica, ensino por investigação e argumentação: relações entre Ciências da Natureza e Escola. **Revista Ensaio**. v. 17, n. especial, p. 49-67, 2015.

SASSERON, L. H.; MACHADO, V. F. **Alfabetização científica na prática: inovando a forma de ensinar Física**. 1.^a ed. São Paulo: Editora Livraria de Física, 2017.

ROCHA, C. J. T. **Ensino da Química na perspectiva investigativa em escolas públicas do município de Castanhal-Pará**. (120f). Dissertação de Mestrado em Ensino, História e Filosofia das Ciências e Matemáticas. Universidade Federal do ABC. Santo André. 2015.

ROCHA, C. J. T.; MALHEIRO, J. M. S.; TEIXEIRA, O. P. B. Experimentação investigativa e produção do sujeito Creare Experimentalis em um Clube de Ciências. **Anais... Encontro de Educação em Ciências e Matemática.** Universidade Federal de São Carlos– UFSCar/Bauru. São Paulo. 2018.

SCHULTZ, A.; BONOTTO, D. Alfabetização Científica e Modelagem nas Ciências nos Anos Iniciais do Ensino Fundamental a partir da Formação Continuada. **Revista Insignare Scientia - RIS**, v. 5, n. 5, p. 21-38, 22 dez. 2022.

VENTURA COSTA, L.; VENTURI, T. Metodologias Ativas no Ensino de Ciências e Biologia: compreendendo as produções da última década. **Revista Insignare Scientia - RIS**, v. 4, n. 6, p. 417-436, 8 out. 2021.

ZÔMPERO, A.F; LABURÚ, C.E. Atividades investigativas no ensino de ciências: aspectos históricos e diferentes abordagens. **Revista Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências:** Belo Horizonte, v. 13, n. 3, set-dez, 2011.

ZOMPERO, A. D. F.; LABURÚ, C. E. **Atividades investigativas para as aulas de Ciências:** um diálogo com a teoria da aprendizagem significativa. Curitiba: Appris, 2016.