

Ensino de Ciências por Investigação sob Perspectiva da Semiótica Peirceana: Análise da Deformação do Tecido Espaço-Tempo

Inquiry-based science from the Perspective of Peircean Semiotics: Analysis of the Deformation of the Space-Time Tissue

Renata Oliveira Yamaguchi

Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas - IBILCE
renata.oliveira.yamaguchi@gmail.com

Jackson Gois

Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas - IBILCE
jackson.gois@unesp.br

Resumo

O Ensino de Ciências por Investigação é uma abordagem que busca introduzir alunos no universo das práticas científicas, trazendo debates e reflexões acerca do fazer ciência. A presente pesquisa visa compreender como ocorre o processo de aprendizado durante atividades baseadas no Ensino de Ciências por Investigação, por meio de elementos da semiótica de Charles Sanders Peirce. Para isso, coletamos dados de áudio, vídeo, questionário e entrevista individual aplicados no primeiro semestre de 2022. A análise de dados é de caráter qualitativo e possui como método a análise de conteúdo das comunicações de Laurence Bardin, método que abrange um conjunto de técnicas que, por meio de procedimentos sistemáticos colabora com a interpretação dos dados obtidos. Para organização dos dados utilizou-se as categorias de signos da secundidade pré-estabelecidas por Peirce sendo elas o ícone, índice e símbolo. A etapa de análise de dados está em curso, sendo apresentado neste trabalho uma análise inicial.

Palavras chave: Ensino por Investigação, Semiótica, Ensino de Ciências

Abstract

Inquiry-based science is an approach that seeks to introduce students to the universe of scientific practices, bringing debates and reflections about doing science. This research aims to understand how the learning process occurs during activities based on Science Teaching through Investigation, through elements of Charles Sanders Peirce's semiotics. For this, we collected audio, video, questionnaire and individual interview data applied in the first half of 2022. The data analysis is of a qualitative nature and uses the content analysis of Laurence Bardin's communications as a method, a method that encompasses a set of techniques which, through systematic procedures, collaborates with the interpretation of the data obtained. To

organize the data, the categories of signs of secondness pre-established by Peirce were used, namely the icon, index and symbol. The data analysis stage is ongoing, and an initial analysis is presented in this work.

Key words: Inquiry, Semiotics, Science Teaching

Introdução

No que se refere ao aprendizado de conteúdos da área de Ciências da Natureza (CN), a busca por metodologias e abordagens que sejam transdisciplinares e que envolvam debates referentes às políticas públicas, economia, impactos ambientais e sociais foram sendo consolidados e incentivados na educação brasileira ao longo das últimas décadas (BRITO e FIREMAN, 2018). No caso do Ensino de Ciências (EC), a BNCC traz a investigação em sala de aula como principal ponte entre conhecimentos científicos e a sociedade na qual o aluno está inserido. Esta concepção de ensino com base em investigação é em parte fruto de um longo processo decorrente do avanço científico-tecnológico de nossa sociedade, mas também de um aprofundamento nos estudos epistemológicos, que colaboraram para a compreensão do processo de construção dos conhecimentos de um indivíduo e de suas experiências em sociedade (CARVALHO, 2014).

Neste trabalho, trazemos brevemente a contribuição de diversos autores na concepção do Ensino de Ciência por Investigação (EnCI) e suas diversas formas de implementação, tendo a professora Anna Maria Pessoa de Carvalho como fonte principal na determinação dos passos de nossa pesquisa.

Como peça fundamental de nossa pesquisa, apresentamos a semiótica de Charles Sanders Peirce (1839-1914), baseada nas experiências e percepções entre o homem e o mundo por meio de signos, analisando semioticamente, desde sentimentos, emoções, ações e reações, discursos completos e pensamentos abstratos

Desta forma, com este trabalho, pretendemos compreender como ocorre o processo de aprendizado durante atividades baseadas no Ensino de Ciências por Investigação, por meio de elementos da semiótica de Charles Sanders Peirce. Para isso analisamos a aprendizagem de estudantes da primeira série do ensino médio durante atividades investigativas descrevendo possíveis contribuições da análise semiótica de peirceana para o entendimento das experiências vivenciadas em sala de aula, analisando elementos dos processos de significação durante as atividades investigativas.

Fundamentação teórica

O EnCI é uma abordagem que desenvolveu-se tendo como foco a ação constante dos estudantes, introduzindo os alunos no universo das práticas científicas, estimulando reflexões e debates por meio de atividades que contem com sua participação ativa nos processos para a construção de seu entendimento sobre os conteúdos curriculares (SOLINO; FERRAZ; SASSERON, 2015).

Assim como tantas abordagens educacionais, o EnCI não possui uma fórmula pronta a ser seguida, apesar de estar relacionada com o método científico, tendo como objetivo o desenvolvimento de habilidades cognitivas por parte dos estudantes, não tendo etapas sistemáticas (ZÔMPERO; LABURU, 2011). Apesar de não ter um caminho único, temos

alguns aspectos essenciais no EnCI, como a possibilidade de se refletir sobre a qualidade, organização e execução de um plano experimental, compreender o trabalho de cientistas, as etapas de uma investigação empírica, entender que os diferentes campos de estudo das ciências, ao contrário do que é visto no currículo, não são fragmentados e independentes um dos outros, sendo possível desta forma compreender a natureza da ciência (GALIAZZI et al 2001).

Algo também observado é o papel essencial que a comunicação possui no EnCI. A relação professor-aluno e aluno-aluno se desenvolve por meio dela, relacionando os conhecimentos científicos à sociedade e cultura em que estamos imersos, temos a união entre saberes culturais e cotidianos aos saberes científicos, ensinando um sem desprezar e ignorar o outro, fazendo uma ponte e não uma ruptura entre eles.

A tendência humana de dar significado a tudo que nos cerca nos leva ao campo de estudo da semiótica, onde para compreender os processos de aprendizagem envolvidos no uso destes signos e representações, optamos pelo grande trabalho de Peirce.

As possibilidades de compreensão e interação do mundo foram nomeadas por Peirce como signos, abrangendo uma ampla definição que podemos resumir como, qualquer coisa, de qualquer espécie, que representa uma outra coisa, produzindo um efeito interpretativo (SANTAELLA, 2007). Os signos também não devem ser interpretados como algo fixo, mas sim em contínuo desenvolvimento. Como consequência desta grande variedade de signos, Peirce estabeleceu três categorias fenomenológicas: primeiridade, secundidade e terceiridade.

A primeiridade caracteriza-se como a “primeira impressão”, o sentimento imediato sem um processo de reflexão e interação com outros fenômenos. É a descrição do fenômeno em si, seus aspectos qualitativos, uma concepção prévia (PEIRCE, 2005; NÖTH, 1998). Podemos utilizar como exemplo a contemplação de cores e formas de determinados objetos — a bola é redonda e azul — ou sentimentos despertados inicialmente.

Já a secundidade surge na interação entre um primeiro e um segundo fenômeno, onde ocorrem as experiências, ações e reflexões em relação com seus objetos (NÖTH, 1998). Ela está ligada aos sentimentos de conflito, surpresa, dúvida, às nossas reações presentes em nossa vivência, é o processo de “mediação interpretativa entre nós e os fenômenos” (SANTAELLA, 2017, p. 42) sem qualquer planejamento e objetivo estabelecido, apenas uma situação de ação-reação.

E por fim a terceiridade, onde o fenômeno segundo se relaciona a um terceiro em um processo de semiose, representando e interpretando o mundo. Nesta categoria temos os hábitos e processos com duração e regularidade, as relações de mediação entre nossa cognição e o mundo

Quadro 1 – Tricotomia Dos Signos

Categorias Fenomenológicas	Signo em relação		
	A si mesmo	Ao objeto	Ao Interpretante
Primeiridade	Qualisigno	Ícone	Rema
Secundidade	Sinsigno	Índice	Dicante/Dicissigno
Terceiridade	Legisigno	Símbolo	Argumento

Fonte: Elaborado pelo autor

No caso de nosso trabalho, utilizamos apenas os signos pertencentes à secundidade. Essa escolha foi feita dado o caráter de nosso trabalho, onde temos sujeitos interagindo com um objeto de estudo. Desta forma, por meio da secundidade buscamos analisar os signos presentes durante essa interação, ao longo das diversas atividades desenvolvidas.

Os signos desta tricotomia são nomeados como ícone, quando significa por si, apenas se assemelhando ao objeto, apresentando suas qualidades intrínsecas, (PEIRCE, 2005), índice ao se relacionar com o objeto de maneira direta, demonstrando uma virtude deste, e por fim como símbolo representando um hábito, uma convenção, e portanto, consequência de uma associação mental (QUEIROZ, 2007).

Podemos utilizar como exemplo prático o desenho de um cachorro, seu latido e a palavra escrita “cachorro”. O desenho de um cachorro não é o animal em si, mas o representa por meio de semelhanças, sendo portanto um ícone. Já ao ouvir seu latido somos diretamente levados a pensar no animal, sendo portanto este signo um índice, indicando o objeto que representa. E por fim, temos a palavra “cachorro” que não se parece com o animal de nenhuma forma, mas somos ensinados a relacioná-la ao bicho desde nossa infância, como uma regra a ser seguida, representando desta forma um símbolo.

Tendo esta tricotomia em mente, trazemos a seguir os procedimentos metodológicos utilizados em busca de observar os processos de significação e suas potencialidades em uma aula experimental com foco no estudo da deformação do espaço-tempo.

Procedimentos metodológicos

Devido ao EnCI e da Semiótica peirceana serem peças centrais no presente artigo, seu caráter qualitativo nos levou a optar pelo método de análise de conteúdo das comunicações de Laurence Bardin para análise dos dados. Em sua obra, Bardin apresenta três etapas para a organização da análise: pré-análise, exploração do material e tratamento dos resultados. Estas etapas são trabalhadas por meio da codificação de resultados, categorizações e inferências (BARDIN, 2004).

A presente pesquisa também é caracterizada como um estudo de caso, devido ao seu perfil exploratório e descritivo que busca investigar fenômenos dentro de situações de contextos reais (GODOY, 1995), destacando a grande diversidade e complexidade a que estamos sujeitos em situações em sala de aula.

Os dados da pesquisa foram obtidos a partir do primeiro semestre de 2022 nas aulas de Práticas Experimentais (45min) com estudantes do ensino médio de em média 15 anos de idade. Foram utilizados não apenas as falas dos agentes participantes, mas também do estudo de seu comportamento, disposição e interação no espaço e produção escrita para melhor compreensão de suas percepções. Por estes motivos, além da gravação das falas, optamos pelo uso da câmera, preenchimento de formulário online e entrevista semiestruturada, valorizando desta forma as interações humanas e participação ativa dos sujeitos em seu aprendizado, além de possibilitar um melhor estudo dos signos, que possui na comunicação um fator chave.

Atividades Desenvolvidas

Os dados para análise foram coletados durante a sequência de atividades descrita no Quadro 2 abaixo, desenvolvida a luz dos conceitos do EnCI. As etapas Problema Experimental,

Sistematização Coletiva, Leitura de Texto e Contextualização e Aprofundamento foram realizadas sequencialmente, já o Questionário Individual e a Entrevista ocorreram — com a maioria dos alunos — nos dois dias seguintes à atividade.

Quadro 2 – Etapas de Desenvolvimento das Atividades

Etapas	Aulas	Descrição
Problema Experimental	1	Os alunos foram organizados em três grupos de 4 ou 5 alunos para a exploração do material fornecido
Sistematização Coletiva	1	A sala foi organizada em plenária onde os estudantes puderam expor o resultado da exploração realizada
Leitura de texto	1	Cada grupo recebeu uma folha contendo trechos do livro “O universo numa casca de noz” do Físico Stephen Hawking interpretando e discutindo sobre seu conteúdo e respondendo à duas questões norteadoras.
Contextualização e Aprofundamento	1	Os alunos retornaram ao formato de plenária para discutir o conteúdo dos textos e sua relação com a atividade experimental realizada.
Questionário individual	1	Os alunos foram levados à sala de informática onde responderam ao questionário referente às atividades realizadas
Entrevista Individual	3	Cada aluno foi chamado para conversar com a pesquisadora que lhes propôs questões a respeito das atividades desenvolvidas.

Fonte: Elaborado pelo autor

O objeto de estudo de nosso trabalho foi o espaço-tempo, fruto da Teoria da Relatividade Geral de Albert Einstein (1879-1955), onde para qualquer corpo com massa, há o efeito de curvar o tecido espaço-tempo à sua volta. O motivo da escolha deste tema está relacionado ao fato de que os alunos da primeira série do ensino médio já terem estudado o movimento dos corpos celestes em ciências e de terem tido contato com o conceito de gravidade no conteúdo de cinemática e dinâmica.

Desta forma, foram separados três tecidos de aproximadamente 1m² de material elástico, 8 bolas de bilhar e 20 bolinhas de gude. Para obter um objeto de peso maior, vários saquinhos de plástico foram preenchidos com areia, ficando com massas de 1kg à 2kg.

Durante a primeira etapa, fazendo uso destes objetos, os alunos exploraram o material de maneira livre, testando o comportamento do tecido com diferentes massas e o comportamento das esferas ao serem lançadas de diferentes maneiras. Nenhum roteiro foi entregue aos alunos, cabendo a eles explorarem o material e fazerem suas próprias anotações para a sistematização posterior.

Durante a etapa de Sistematização Coletiva, os alunos em plenária foram incentivados pela professora a descrever os testes que realizaram, os efeitos observados, o que funcionou melhor ou pior e quais relações encontraram entre a movimentação dos objetos no experimento e o movimento dos corpos celestes.

Após este momento, os alunos retornaram ao formato de grupos para a leitura de três trechos do livro “O universo numa casca de noz” do físico Stephen Hawking, todos relacionados à curvatura do espaço-tempo e seus efeitos. Cada grupo realizou a leitura de apenas um trecho, além de responder à duas questões norteadoras.

Por fim, o formato de plenária foi retomado para o fechamento da atividade. Os alunos descreveram o conteúdo de seus textos, relacionando com o que foi estudado experimentalmente. Neste trabalho, apresentamos os resultados e reflexões obtidas após a análise das primeiras duas etapas: Problema Experimental e Sistematização Coletiva.

Discussão de Resultados

Apresentamos nesta seção parte da análise em fase de realização, onde os quadros contendo as unidades de registro foram separados em duas colunas, de forma a demonstrar a numeração das falas e os diálogos ocorridos. A numeração da fala possui como objetivo demonstrar a ordem em que os diálogos ocorreram em formato cronológico, sendo seguidos das falas na íntegra e da descrição da cena, que ocorreu por meio da análise dos áudios do microfone de cada grupo e também das imagens captadas pela câmera.

Etapa do Problema Experimental

As unidades de registro presentes nesta etapa foram retiradas durante a experimentação, enquanto os alunos exploravam o material e discutiam entre si sobre o que ocorria. O Quadro 3 abaixo apresenta as falas iniciais entre alunos do Grupo 1.

Quadro 3 – Discussão inicial dos alunos do Grupo 1

Fala	Unidade de Registro
9	A1: Como é pra fazer?
10	A2: É no meio, esse aí tem que colocar no meio ((A4 pega o saquinho de areia))
11	A2: Ó acho que mais pesado é melhor. ((o aluno A4 rola o saquinho de areia sobre o pano)) Não é pra girar doido! Esse daí ó... imagina que isso aí é a terra, coloca agora uma bolinha, ela tem que ficar girando em volta. ((Aluno A4 coloca uma bolinha de gude sobre o pano e a libera se velocidade, fazendo a mesma apenas colidir com o peso central)) ((risadas))
12	A2: É deu errado... mas é pra girar! Bota a de bilhar ((os alunos retiram o saco de areia, posicionam a esfera de bilhar no centro e soltam uma bolinha de gude no pano. A bolinha de gude ganha velocidade ao se aproximar da bola de bilhar e acaba escapando para outro lado do pano))
13	A2: Iiii foi embora, o espaço tempo ta torcido aí. Estica tudo A3, tem que deixar retinho o pano... aí agora tem que ficar assim retinho! ((O aluno A4 volta com o saco de areia no centro e libera uma bolinha de gude que novamente cai do pano))
14	A2: Iii foi embora no espaço-tempo, saiu de orbital!

Fonte: Elaborado pelos autores

No diálogo apresentado, podemos observar que o aluno A2 demonstrou conhecer o procedimento a ser realizado, e o resultado esperado. Devido a este conhecimento prévio, o aluno A2 passa a dar instruções aos demais alunos sobre como o experimento deve funcionar, como por exemplo na fala de número 11, onde tenta explicar aos colegas o que o experimento representa. Neste momento, ele passa a se referir à diversos corpos celestes e propriedades físicas, devido ao reconhecimento de características semelhantes entre a experimentação e tais objetos astronômicos. Um exemplo desta fala é o momento onde o aluno se refere ao peso central como sendo a Terra, e afirma que uma segunda bolinha deverá girar ao redor da mesma, se referindo assim ao movimento de translação de nosso satélite natural em relação ao nosso planeta. Essa situação representa claramente um caráter icônico, já que a analogia realizada pelo estudante foi feita devido às características dos objetos — um de massa maior e outro menor — e também de seus comportamentos durante os testes — uma massa central imóvel e uma segunda, menor, transladando.

É importante destacar que, reconhecemos tais signos utilizados como da categoria icônico e não indicial, pois, nosso experimento não demonstra diretamente a existência do tecido espaço-tempo, sendo apenas uma simulação de como seria seu comportamento e efeitos. Além disso, os objetos utilizados não são semelhantes a nenhum astro, como seria o caso, por exemplo, se tivéssemos entregue esferas parecidas com a Terra e com nossa Lua. Os objetos, portanto, não faziam referência direta a nenhum corpo celeste em específico, representando

apenas uma massa qualquer no espaço. Qualquer identificação que veio a ocorrer foi fruto das relações estabelecidas pelos próprios estudantes.

Por este motivo, durante esta etapa, signos do tipo icônico foram predominantes, devido a sua natureza de significação por semelhança visual ou de propriedades.

O Quadro 4 demonstra um outro momento no qual o mesmo grupo, novamente, reconhece no experimento características de objetos astronômicos.

Quadro 4 – Reconhecimento da deformação de um buraco negro

Fala	Unidade de Registro
36	A2: Vamo pega um pano maior. Esse pano é muito curto, não da pra fazer. ((O pano dos alunos então é trocado por um maior))
37	Professora: Tentem não colocar força, deixa ela ir por conta ((mais um saco de areia é colocado no centro))
38	A3: Agora virou um buraco negro!
39	A2: Se isso daí fosse um planeta e isso aí fosse uma lua, já era!

Fonte: Dados da Pesquisa

Novamente, os alunos do Grupo 1 se expressam por meio de vocabulário relacionado à corpos celestes, fazendo uso mais uma vez de signos icônicos. O aluno A3, ao perceber a grande deformação causada pelo peso acrescentado sobre o pano, reconhece nessa grande deformação o efeito causado por buracos negros sobre o tecido espaço-tempo. Por sua vez, o aluno A2, também reconhecendo a semelhança entre o efeito na experimentação e buracos negros, expressa em sua fala o fato desses corpos terem grande atração gravitacional, atraindo outros corpos para sua região.

Uma reflexão que também podemos fazer é que, este vocabulário utilizado pelos alunos do grupo, e o conhecimento de como os corpos celestes mencionados devem agir, são interpretantes já estabelecidos anteriormente, que se relacionam com a nova experiência, provocando novas interpretações sobre o que era conhecido e a experiência nova.

Estes interpretantes já existentes são compreendidos como signos do tipo simbólico, pois já possuem uma significação própria, não só pelo uso do vocabulário — a palavra buraco-negro não possui nenhuma semelhança com o corpo celeste em si, é uma convenção— mas também pelo comportamento esperado, como o conhecimento que buracos-negros possuem grande atração gravitacional. Esse é o papel do interpretante, possibilitar a relação entre o objeto e sua representação.

Podemos, portanto, dizer que, nestes trechos, temos a relação entre signos do tipo simbólico e icônicos relacionando-se e criando novos interpretantes. Como o interpretante também pode ser interpretado, esse processo continua em uma constante reflexão, que Peirce chamou de *ad infinitum*.

No Quadro 5 temos outro conjunto de falas, desta vez do Grupo 2, onde temos outro tipo de interação. Este é apenas uma parte das falas do Grupo 2 durante esta etapa, mas assim como nesta, em todo o resto não há analogias a objetos astronômicos, apenas discussões a respeito dos procedimentos a serem realizados para que as esferas consigam completar várias trajetórias. Este mesmo comportamento foi observado no Grupo 3.

Quadro 5 – Interação entre alunos do Grupo 2

Fala	Unidade de Registro
93	A7: Eu acho que precisa de mais um saco em
94	A5: Vou pegar a bolina de gude ((A aluna busca as esferas menores))
95	A7: Vamo lá, estica, sem ondinhas
96	A6: Menos velocidade
97	A7: Menos velocidade não, menos altura de distância pra tacar. Tem que tacar um poquinho mais baixo ((A aluna A5 tenta mais algumas vezes, mas a bolinha de gude continua caindo))
98	A7: É que nem a Professora falou, se você tacar muito alto ele vai pegar mais distância, tem que tacar mais baixo. Tem que ser mais baixo do que pra cima
99	A6: Põe mais pro meio
100	A7: Ó as ondinhas, estica estica ((A esfera continua caindo do pano. A aluna A7 então senta em uma cadeira))
101	A6: Ah não
102	A5: A gente tem que ficar todo mundo na mesma posição, na mesma altura ((Nova queda da bolinha))
103	A5: Melhor a gente tentar mais reto ((Nova queda))
104	A7: Não tem outra bolinha?
105	A5: Tem só aquela lá, grandona ((a aluna se refere a bola de bilhar))

Fonte: Dados da Pesquisa

A ausência de vocabulário científico nestes grupos pode ser relacionada ao fato de que, neles, os alunos não tiveram contato com esta atividade experimental anteriormente. Não há interpretantes bem estabelecidos como no caso do Grupo 1, estes alunos estão observando esta demonstração pela primeira vez, e portanto, estabelecendo seus primeiros interpretantes por meio das observações e testes realizados no momento modificando variáveis.

Sistematização coletiva

Durante a etapa de plenária, os estudantes foram questionados sobre experiências vivenciadas, e os problemas que encontraram. Para explica-los, fizeram uso de uma série de signos compreendidos em outros momentos, signos que já possuíam um interpretante estabelecido, e que foram utilizados para tentar explicar a nova experiência. O Quadro 6 mostra o início da discussão da plenária com a participação de alunos de vários grupos.

Podemos observar que, essa série de signos utilizados pelos estudantes pertencem à categoria simbólica, uma vez que são palavras já munidas de significado que, por sua vez, não significam por si só, mas sim, concretizam uma ideia já estabelecida anteriormente. Temos um destaque especial à palavra “massa”, que por vezes se mistura ao conceito de “peso” e “gravidade”, tendo sim uma ligação íntima com ambas, mas não consistindo em sinônimos. Dessa forma, seu uso em alguns momentos mostra certa confusão dos estudantes sobre sua significação, demonstrando que, explicações dadas anteriormente, podem não ter sido claras, estabelecendo em cada um, interpretantes não compatíveis completamente com seu significado científico.

Quadro 6 – Discussões sobre os problemas experimentais

Fala	Unidade de Registro
135	Professora: Pessoal, algumas discussões então, gostaria de saber mais ou menos o que aconteceu no teste de cada um, vocês devem ter percebido que algumas coisas funcionavam melhores do que outras
136	A7: A bolinha pequena funciona melhor do que a grande
137	Professora: O que aconteceu com a bolinha grande que ela não dava certo?
138	A7: Ela já caía, só dava uma voltinha e caía
139	Professora: Por que isso acontecia será?
140	A9: Por causa da massa dela
141	A11: A massa dela era mais pesada
142	A5: Por causa da massa dela, era pouca
143	A7: Tinha pouco espaço pra ela rodar
144	Professora: A grande tinha menos massa do que a pequenininha?
145	A5 e A7: Não, ela tem mais
146	Professora Então porque ela durava menos será?
147	A12: Por ela ser mais pesada
148	A5: Talvez por causa da gravidade
149	A11: Pelo tanto de peso que tinha, era poco, não era suficiente. Pra rodar a grande talvez não era suficiente
150	Professora: Não era suficiente para fazer essa daqui ((mostra a bola de bilhas)) girar? Peraí, a massa de quem não era suficiente?
151	A11: Ai meu deus do céu, a massa da areia não era suficiente para a bolinha de bilhar roda, e outra, o pano também não era grande suficiente
152	Professora: Se fosse um pano maior...
153	A11: E mais massa! Acho que o tecido também do pano, se fosse um tecido de cetim. Por que escorregaria mais

Fonte: Dados da Pesquisa

Até a fala 148 temos vários alunos destacando a relação entre a massa das esferas lançadas e seu efeito no experimento. O primeiro fato apontado foi o melhor comportamento das bolinhas de gude em relação as bolas de bilhar. Segundo o aluno A7 as bolas de bilhar completavam no máximo uma volta, caindo em seguida no centro. Até este momento, todas as falas seguintes dos alunos relacionaram esse problema apenas à massa de cada esfera, sugerindo que, esferas mais pesadas possuem maior dificuldade em completar mais voltas, ainda sem uma explicação mais completa.

Então a aluna A11 sugere que há também relação com a massa central e o pano utilizado. Segundo a aluna, se a massa central fosse maior haveria um melhor comportamento da esfera de bilhar. Além disso, o pano deveria ser maior, e de um material mais liso, sugerindo que quanto mais “escorregadio” fosse, melhor seria o movimento observado.

Temos então, por meio da discussão geral, uma ligação entre o movimento das esferas, a deformação do pano causado pela massa e seu material. No Quadro 7 temos falas do grupo 2 que relacionam também a força aplicada no lançamento das esferas.

Neste trecho, os alunos destacam problemas na utilização da esfera de bilhar. Segundo eles, para completar mais voltas ela precisaria de um pano maior, para que dessa forma pudesse ser lançada com mais força, alcançando uma maior trajetória. Devido ao pano não ser tão extenso, ao ser jogada com menos força, a esfera não completou mais de uma volta, e ao ser jogada com mais força, acabava por fazer uma trajetória muito grande, caindo do tecido.

Quadro 7 – Discussões sobre problemas experimentais do Grupo 2

Fala	Unidade de Registro
154	Professora: O de vocês foi assim também meninas? ((falando com o Grupo 2)) Qual deu mais certo? Essa ou essa? ((mostra as duas esferas))
155	A5: A bolinha pequena
156	Professora: Todo mundo foi a bolinha pequena?
157	A6: A grande, no nosso, como o pano acabava... ela precisava de mais espaço
158	A5: Eu acho que se tivesse mais espaço para a bola grande, ela ia melhor
159	A5: É eu acho que ela pegaria mais impulso, e não iria pra fora
160	A6: É porque a nossa ficou caindo. Você viu a barulheira né
161	A7: É mais é porque a gente jogava muito alto, daí ela ia pra cima assim ((faz movimento de subida com a mão))
162	A8: É ela pegava mais embalo
163	A2: Mais nois não tacho a bolinha soltando ela
164	A5: Nois também não!
165	A7: Mais nois não solto, mas é que pegava no pano assim ((faz gesto com a mão)) só que era muito pra cima só soltava ela e ela fazia assim ((gesto para cima)) daí ela ia pro outro lado

Fonte: Dados da Pesquisa

Para expressar essa situação, as alunas utilizam expressões como “mais embalo” e “mais impulso” para explicar a maior variação de velocidade adquirida pela esfera. Elas associam a maior massa do objeto à capacidade de obter maior velocidade, e conseqüentemente à maior trajetória necessária. A mesma série de signos pode ser observado no grupo 3, demonstrado no Quadro 8 abaixo.

Quadro 8 – Discussões sobre problemas experimentais do Grupo 3

Fala	Interlocutor	Diálogos
167	Professora	O que você anotou aí? Fala pra mim
168	A9	Coloquei que quando a gente fez menor aplicação da força as bolinhas tipo... fizeram menos voltas e chegava no centro mais rápido do que quando a gente aplicou mais força, e também uma coisa que a gente notou é que tipo, quando a gente usou areia, é... no centro aqui assim, as bolinhas tiveram um desenvolvimento melhor, rodaram, ficaram mais tempo no pano, do que quando a gente deixou só a bola de bilha no meio
169	Professora	Por que ela não funcionou no meio?
170	A11	Pela massa ser pouca
171	Professora	legal, então deformou menos o pano...
172	A9	E aí teve menos impacto, só colocava ela lá e ela ia. Daí quando a gente colocou a areia, a gente conseguiu ver que a bolinha ficou mais tempo girando
173	Professora	O de vocês foi assim também? ((para o Grupo 2))
174	A6	A gente pois dois saco
175	A5	com dois saco foi bem melhor

Fonte: Dados da Pesquisa

Neste trecho, a aluna descreve não apenas a força aplicada em diferentes intensidades, como também a mudança observada ao aumentar a massa do centro do pano. No caso desta aluna, observamos pelo vídeo que ela escreve ao longo do experimento o que está ocorrendo, e por este motivo, ao explicar o observado consegue articular vários conceitos de forma coesa, não apenas fazendo uso dos símbolos, mas os relacionando entre si como causa e efeito.

A descrição de A9 relata o fato da esfera de bilhar, ao ser posicionada sobre o pano causar pouca deformação em relação ao saco de areia. Esse efeito é relacionado diretamente ao ganho de velocidades das esferas menores, que com a deformação do saco de areia ganham maior velocidade e, portanto, completam um número maior de voltas.

Considerações Finais

Partindo da ideia de que nosso processo de leitura do mundo faz-se através de signos, é evidente que, dentro da área de ensino, utilizar a interpretação dos signos elaborados por alunos contribui para nossa compreensão de como o processo de aprendizado ocorre.

Diante disso, observamos que o uso da experimentação possui como objetivo colaborar para a compreensão dos fenômenos utilizando primeiramente signos do tipo icônico e indicial para então evoluir para uma relação do tipo simbólica, significando por meio de construções teóricas do indivíduo. Em caso de experimentos químicos por exemplo, onde uma mudança de cor indica valores diferentes de PH temos claramente a existências de signos da categoria indicial. No caso de nossa pesquisa, como descrevemos anteriormente, durante a primeira etapa da análise ficou perceptível a predominância de símbolos icônicos durante a fase de experimentação, principalmente devido a esta ter antecedido qualquer tipo de estudo teórico. Esta característica está em concordância com o processo de aprendizado baseado em experiência elaborado por Dewey, uma vez que está para além de uma perspectiva experimentalista, partindo de uma vivência dos estudantes que, por meio deste primeiro contato, ressignificam experiências anteriores.

Mesmo uma pessoa desprovida de conhecimentos de física básica, pode observar o efeito provocado em um tecido ao posicionar uma esfera de maior ou menor massa. O mesmo pode ser observado ao lançar uma segunda esfera em movimento, mais ou menos próxima da massa central, menor ou maior, com menor ou maior velocidade. Como demonstrado em nossa pesquisa, este primeiro contato, desperta uma grande gama de signos icônicos, que descrevem a nova experiência e levam os sujeitos a buscar analogias com conhecimentos já adquiridos, estes expressos por meio de signos do tipo simbólico.

Podemos, portanto, dizer que os signos neste experimento serviram de mediação — estruturação do pensamento — para compreensão de um fenômeno não visual, afinal a curvatura do espaço-tempo possui em sua representação experimental uma série de simplificações, pois não possui uma imagem concreta, sendo uma ilustração de um fenômeno existente, mas não visível. Desta transformação, saem as simplificações e generalizações, criticadas devido à sua falta de fidelidade com a teoria original, entretanto, o uso de representações visuais mostrou-se importante para a compreensão dos estudantes, visto que diminuem o grau de abstração necessário para o entendimento dos conceitos relacionados.

Alguns signos foram utilizados com maior frequência pelos alunos, como a relação entre força, impulso e gravidade, muitas vezes confundidas e utilizadas como sinônimos. Essa frequência possui claro vínculo com a vivência cotidiana dos alunos, que buscam na série de interpretantes já estabelecidos, se expressar e explicar a nova experiência.

Dizemos, portanto, que o processo de significação acompanhou o processo de aprendizado. A cada interpretante modificado, um novo conhecimento era estabelecido, demonstrando que, o processo *ad infinitum* de significação está de acordo com a ideia de Dewey, onde os processos que o aluno vivencia se constroem e reconstroem por meio de constantes reflexões, estas, possíveis por meio das diferentes etapas de estímulos idealizadas pelo EnCI.

No caso das duas partes apresentadas neste artigo, é possível observar a ausência de signos da categoria indicial. Esta ausência não demonstrou prejudicar a compreensão dos alunos, nem as discussões que sucederam. Na verdade, entende-se que esta é uma característica da atividade realizada, devido a tratar-se de uma simulação, um modelo que concretizou algo imaterial e não perceptível tornando-o compreensível.

Desta forma, mostramos que, a experiência, conforme compreendida neste trabalho, é icônica em sua essência, sem se limitar à esta dimensão e sendo passível de alcançar outros níveis de significação por meio de novas e diferentes vivências, contribuindo assim, com o processo de formação dos estudantes.

Referências

- BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. Tradução: Luís Antero Reto e Augusto Pinheiro. São Paulo: Edições 70, 223p, 2004.
- BRITO, L. O; FIREMAN, E. C. **Ensino de Ciências por Investigação: Uma Proposta Didática “Para Além” de Conteúdos Conceituais**. Experiências em Ensino de Ciências V.13, No.5, 2018.
- CARVALHO, A. M. P. de. **Ensino De Ciências Por Investigação**. São Paulo. Cengag Learning. 2014
- GALIAZZI, M. C. et al. **Objetivos das atividades experimentais no ensino médio: a pesquisa coletiva como modo de formação de professores de ciências**. Ciência & Educação (Bauru) [online]. v. 7, n. 2, pp. 249-263, 2001.
- GODOY, A. S. **Pesquisa qualitativa: tipos fundamentais**. Revista de Administração de Empresas, 35(4), 65-71, 1995.
- NÖTH, Winfried. **Panorama da Semiótica de Platão a Peirce**. Editora Annablume 2ª edição, São Paulo, 1998.
- PEIRCE, C.S. **Semiótica**, Editora Perspectiva, 3ª Edição, 2ª Reimpressão, São Paulo. 2005
- QUEIROZ, J. **Classificações de Signos de C. S. Peirce – de ‘on the logico of science’ ao ‘Syllabus of certain topics of logic’**. Trans/Form/Ação, São Paulo, 30(2): 179-195, 2007.
- SANTAELLA, Lúcia. **O que é semiótica**. Ed. Brasiliense. 1ª edição eBook, 2017.
- SOLINO, A. P, FERRAZ, A. T. SASSERON, L. **Ensino Por Investigação Como Abordagem Didática: Desenvolvimento De Práticas Científicas Escolares**. XXI Simpósio Nacional de Ensino de Física. Uberlandia, Minas Gerais. 2015.
- ZOMPERO, LABURU. **Atividades Investigativas No Ensino De Ciências: Aspectos Históricos e Diferentes Abordagens**. Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte). V 13, 2011.