

AFFORDANCES EM DOCUMENTÁRIOS COMO INDUTORES DE EQUÍVOCOS DE INTERPRETAÇÃO DE ESTUDANTES

AFFORDANCES IN DOCUMENTARIES AS INDUCTORS OF STUDENT INTERPRETATION MISTAKES

Carlos Eduardo Laburú^{1*}, Osmar Henrique Moura da Silva¹, Paulo Sérgio de Camargo Filho e Andreia de Freitas Zômpero³

¹ Departamento de Física da Universidade Estadual de Londrina - UEL, Rodovia Celso Garcia Cid, Pr 445 Km 380, Campus Universitário, 86.057-970, Londrina - PR. E-mails: laburu@uel.br; osmarh@uel.br;

² Departamento de Física, Universidade Federal Tecnológica do Paraná – UFTPR, Campus de Londrina, Av. dos Pioneiros, 3131 - Jardim Morumbi, Londrina – PR. paulocamargo@utfpr.edu.br

³ Departamento de Biologia, da Universidade Estadual de Londrina - UEL, Rodovia Celso Garcia Cid, Pr 445 Km 380, Campus Universitário, 86.057-970, Londrina - PR.
E-mails: andzomp@yahoo.com.br

O conceito semiótico de *affordance* negativo vem sendo direcionado para a área de educação científica com a finalidade de identificar características impróprias de equipamentos e experimentos que tendem a levar aprendizes a cometerem equívocos conceituais e de ação devido a seus designs. Este estudo avança em relação a esses estudos e mostra que a ideia de *affordances* negativos é capaz de se estender para filmes de gênero documentário, muitas vezes usados como material didático complementar durante o ensino. Tendo isso em vista, um trecho de documentário de história da física é examinado a partir da leitura de *affordances* negativos e, com isso, se faz ver que o trecho apresenta potencial para direcionar, espectadores e estudantes para entendimentos equivocados para os quais o filme não pretendia transmitir.

Palavras-Chave: Educação científica, *affordances*, filmes de documentários.

Negative *affordance* semiotic concept has been directed towards the area of science education to identify improper characteristics of equipment and experiments that tend to lead learners to commit conceptual and action mistakes due to their designs. This study advances in relation to these studies and shows that the idea of negative *affordances* is capable of being extended to documentary films, often used as complementary didactic material during teaching. With this in mind, an excerpt from a documentary on the history of physics is examined from the perspective of negative *affordances* and, with that, it is seen that the excerpt has the potential to direct viewers and students towards mistaken understandings for which the film does not intended to transmitted.

Keywords: Science education, *affordances*, documentary films.

INTRODUÇÃO

Na área de investigação da educação científica o estudo de Laburú, Silva e Zômpero (2017) se interessou pela ocorrência de frequentes equívocos que advém quando estudantes manipulam certos equipamentos e instrumentos ou observam determinadas demonstrações experimentais de física. O estudo argumenta que tais equívocos de manuseio não se devem ao que se esperaria como objetivo ou arranjo experimental mal compreendidos pelo estudante,

ensino insuficiente do professor, partes do conteúdo não entendidas, e/ou finalidade duvidosa do uso do equipamento, mas a aspectos particulares ligados ao design dos objetos (BROWN, STILLMAN, HERBERT, 2004), e que têm a ver com o campo da semiótica. Em outras palavras, na interação do estudante com os objetos, a arquitetura de construção destes às vezes sugestiona o usuário a privilegiar uma execução incorreta do instrumento, com consequências para cometimento de erros experimentais grosseiros, de operacionalização ou chegar a uma interpretação desviante da que se esperaria no caso de uma demonstração empírica.

Para compreender essa situação singular, o referido trabalho se valeu do conceito derivado de *affordance* do psicólogo Gibson (1986), propondo uma ideia denominada “*affordances* negativos” como elemento explicativo para essas ocorrências. De maneira genérica, *affordances* referem-se a todas as possibilidades de ação que o ambiente proporciona a um animal em razão da relação interativa entre ambos. Quando características são favoráveis ao animal, e a interação satisfaz alguma necessidade, há um resultado positivo na ação. Neste trabalho, inspirado em Gibson (1986), *affordances* negativos, por outro lado, joga com a ideia oposta. Procura explicar equívocos de interação de usuários com objetos e que são provocados pelas qualidades perceptivas de construção destes de tal forma que o usuário produza respostas impróprias de manipulação ou interpretação (LABURÚ; SILVA; ZÔMPERO, 2017). Em particular, essa segunda concepção de *affordance* trata das características do ambiente que dizem respeito, em particular, à instrumentação e às demonstrações de laboratório que levam à geração de equívocos do aprendiz quando ele interage mediante manuseio simples observação, respectivamente (SILVA; LABURÚ, 2017).

Balizados por essa concepção, notou-se que não apenas o design ou projeto de construção dos equipamentos possui essa impertinência no que se refere à instrução científica, mas essa problemática se estende para filmes de documentários científicos. Quando se assiste filmes desse gênero, equívocos semelhantes podem ser provocados em certas passagens em que o espectador-estudante é levado à interpretação equivocada do que se pretendia transmitir com as imagens e ideias. Logo, para o professor que se utiliza desse meio complementar para ensinar, o conceito de *affordances* negativos se torna uma ferramenta analítica importante para identificar, prever e procurar corrigir possíveis causas de más compreensões de seus estudantes quando estes se vêm diante de documentários com tais ocorrências.

Diante disso e à luz do conceito de *affordance* negativo, propõe-se estendê-lo para análise de um trecho de um documentário com pretensões historiográficas de física capaz de levar o estudante à apropriação de concepções distorcidas do que à informação que o filme pretende. Antes de mostrar o almejado, buscar-se-á aclarar a definição de *affordance*, situando-a dentro do contexto da semiótica e, antes disso, o conceito de signo é tratado, dentro dos interesses do trabalho, uma vez que fornece subsídios para a definição.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

OBJETOS COMO SIGNOS

Uma tradição de pesquisa em educação interessa-se por investigar e teorizar o papel das ferramentas elaboradas pelo homem que se fazem presentes nos objetos concretos e simbólicos da cultura e que dão suporte à aprendizagem. Considerações cognitivistas fundamentadas no construtivismo buscam compreender as interações dos aprendizes entre si, com o professor, com os recursos materiais e contextos educacionais utilizados. De início, a teoria construtivista para o ensino de ciências se voltou para as preocupações mais do indivíduo e seus modelos, esquemas mentais, processos de argumentação e inferência e, de maneira mais genérica, com seus mecanismos gerais de pensamento. Mais tardiamente, considerações socioconstrutivistas perscrutam também a interação desses mecanismos com as ferramentas culturais (símbolos e objetos) de modo a estabelecer correlação entre linguagem e aprendizagem, complementando desenvolvimento e pensamento (OLIVEIRA, 1993).

Proveniente desta última tradição, uma linha de pesquisa em educação científica ganhou impulso a partir dos anos dois mil e tem orientado esforços para melhorar a aprendizagem das ciências e superar seus problemas de modo que, para isso, vem se inspirando em conceitos provenientes no campo de estudos da semiótica. Por essa linha, investigam-se elementos teóricos na teoria dos signos que auxiliem entender como se dão os mecanismos de apropriação por estudantes das representações semióticas empregadas no ensino da matemática (DUVAL, 2004) e das ciências da natureza e suas tecnologias (PRAIN; TYTLER, 2012). Ao envolver estudantes em atividades de produção, interpretação, transformação, coordenação e integração em variados modos e formas representacionais com agregação de filmes, laboratório, visitas a museus, no campo, coordenado a aulas expositivas,

de discussão, investigação, projetos etc., estabelecem-se condições para refinar, complementar e delimitar os conceitos ensinados (WALDRIP; PRAIN; CAROLAN, 2010; TYTLER, PRAIN, HUBBER WALDRIP, 2013).

O conhecimento das ciências da natureza e suas tecnologias, em especial, demanda que os estudantes aprendam a selecionar e operar representações científicas múltiplas a fim de produzir não só uma interpretação ou resultado teórico correto, mas um efeito prático desejável sobre o real, fazendo com que este último se comporte de maneira controlável e previsível, tendo por base a teoria aprendida. Apenas quando articula com competência as representações semióticas de um campo de conhecimento científico, é possível ao aprendiz conhecer, ponderar posições, realizar afirmações e, sobretudo, realizar ações sobre o real. Ora, fazer referência a ações sobre o empírico que trata as ciências da natureza implica necessariamente conhecer as linguagens científicas e seus convencionados objetos ou artefatos materiais elaborados para ligar o mundo das ideias com o mundo empírico. Aliás, não só imagens em livros e filmes, mas ações e manipulações aplicadas junto aos artefatos constituem, elas mesmas, representações semióticas, visto que derivadas e dirigidas para a compreensão das coisas, no caso, pela linguagem científica. De fato, resumidamente, toda linguagem científica é construído em múltiplas representações que podem se apresentar de diversas formas, tais como, matemática, gráfica, diagramática, tabelada, procedimental, em modelo tridimensional, simulações computacionais, além da comum linguagem verbal etc. (PRAIN; WALDRIP, 2006, p. 1844). Logo, tanto as ações corporais sobre e com os artefatos, quanto os próprios artefatos, sejam eles naturais ou artificiais, fundam-se e são relativos ao âmbito representacional, portanto, são signos e, por isso, significam, posto que lidos e operados a partir de convenções da linguagem científica que os asseguram, constituindo parte das múltiplas representações das suas respectivas culturas científicas.

Ao reafirmar essa ideia, Peirce assegura que o mundo material é um signo tanto quanto outro qualquer, pois a realidade dos fenômenos e do signo se confundem. Alega que o mundo não é feito de signos de um lado e coisas substanciais de outro, como se estes fossem entidades materiais e aqueles imateriais (SANTAELLA, 2005). Peirce leva a noção de signo tão distante que este não precisa apresentar plena essência de uma linguagem como palavras, desenhos, diagramas, fotos, imagens em movimento, ou explicações complexas, como conceitos, teorias, definições, ideias etc., mas pode ser mera ação ou reação (p.ex., estar

esperando em ponto de taxi), uma simples emoção, ou qualquer sentimento tal qual a qualidade vaga de sentir ternura, desejo ou raiva. O signo é o que dá corpo aos pensamentos, experiências, emoções, reações, entre outros, e podem ser externados corporalmente (SANTAELLA, 2005, p. 10). Consequentemente, todo signo encontra-se também em alguma espécie de coisa, assim, qualquer signo é também fenômeno, acontecimento, é algo que aparece à nossa mente não só por meios linguísticos convencionais.

Portanto, tudo aquilo que é material ou corporal é igualmente sóico, uma impressão que associamos a outra coisa (SANTAELLA; NÖTH, 2004, p. 88), caso contrário se trata de mero estímulo despercebido, ou ocorrência segundo Eco (2003, p. 17, 51). A disseminada trilogia peirceana compreende signo como composição indissociável entre representamem (aquilo que representa), interpretante (aquilo que significa) e objeto (SANTAELLA, 2005). No que interessa destacar para reforçar o argumento acima, para Peirce (SANTAELLA, 2005), este último não é necessariamente algo individual, singularmente concreto, material, mas pode ser um conjunto ou coleção de coisas, evento ou ocorrência e até possuir a natureza de uma ideia abstrata. Enfim, o objeto pierceano deve ser compreendido como um referente que ultrapassa o concreto, o material ainda que inclua entidades materiais (SANTAELLA, 1995, p. 26). Ainda que a autora se preocupe em diferenciar objeto desses últimos, reforçamos essa vinculação, pois do mesmo modo que a palavra martelo escrita ou falada é um signo em dois modos de representação diferentes, porquanto está no lugar de algo à moda de Peirce, a ostentação de um martelo real pode igualmente estar no lugar de algo. Isto porque exibir um martelo real para alguém já se torna uma forma de comunicação, visto ser capaz de representar o interpretante abstrato da classe dos martelos tal qual um som ou uma palavra escrita, ainda que, à primeira vista, possa haver dificuldade de desvincular a singular ostentação do objeto da classe que incorpora todos esses objetos, sendo que o indicado é simplesmente um elemento da classe.

CONCEITO DE AFFORDANCE

A origem do termo *affordance* surge de um neologismo derivado da palavra inglesa *afford* que o psicólogo Gibson (1986, p. 127), influenciado pela doutrina da *Gestalt*, introduziu para descrever o que o meio ambiente oferece ou provê para um animal, seja para o bem ou para o mal. No trabalho, *Principles of Gestalt Psychology*, publicado em 1935, o

autor Kurt Koffka, principal representante da escola gestáltica, cunhou o termo “caráter de demanda” para justificar que cada coisa “diz o que se fazer com ela”, por exemplo, “uma cadeira ‘diz’ ‘sente-se em mim’”, o alimento “coma-me” ou uma escada “suba em mim” (OLIVEIRA; RODRIGUES, 2014, p. 45). Logo, os objetos sugerem qual comportamento pode ser potencialmente realizado e como deve ser usado (OLIVEIRA; RODRIGUES, 2014). Essas definições levaram Gibson a afirmar que o ambiente apresenta informações relevantes e significativas, captadas pelo sistema perceptivo, que coordenam, ativam e guiam as ações do agente de forma intuitiva e direta. Na relação entre organismo e objeto, este é percebido por aquele devido à relação das suas necessidades. Daí que uma árvore é um recurso para um animal como abrigo para a chuva e sol, ou pode ser fonte de alimento e de proteção para se esconder de predadores (HAMMOND, 2010, p. 206). As propriedades da árvore permanecem as mesmas ou “invariantes”, mas os *affordances* fornecidos pela árvore variam de acordo com a necessidade. Desse modo, a mesma árvore pode oferecer diferentes *affordances* ao mesmo tempo para organismos diferentes. *Affordance* está sempre presente nas coisas, mas diferentemente dos animais servidos exclusivamente pelos instintos, em relação aos humanos tal conceito remete ao âmbito cultural, simbólico, caso contrário deixa de ser percebido ou precisaria ser inventado, situação típica de um sujeito no meio de uma floresta carecendo de um objeto no formato de cuia, ora interpretado para beber algo.

Norman (2006, p. 33) afirma que *affordances* fornecem indicações para operar os objetos na medida em que o usuário sabe o que fazer pelo olhar, sendo desnecessárias imagens ilustrativas, rótulos ou instruções. Para Volli (2012, p. 194), *affordance* significa convite ao uso que um objeto propicia em razão da sua morfologia constitutiva. Objetos apresentam configurações que fornecem ao usuário uma funcionalidade para determinado fim. Para Eco (2005, p. 200), em termos comunicacionais, o princípio de que a forma segue a função de um objeto significa que este deve possibilitar não só a função, mas necessita denotá-la tão claramente que a torne manejável e orientada para movimentos mais adequados à execução desejável: um recipiente côncavo antecipa seu uso para conter algo, já que se torna apropriado para esse propósito. Igualmente, costuma-se modificar ou projetar a significação de um objeto ou de uma pessoa para alcançar determinado efeito comunicativo. Neste caso, o design dos objetos, a decoração da casa, a maquiagem no rosto, entre outros, manipulam a significação para melhorar a percepção. Assim, a significação esconde a origem da autêntica

comunicação, pois o receptor acredita descobrir o sentido de alguma coisa, mas, na realidade, recebe uma comunicação cuidadosamente elaborada por um emissor. Por consequência, Volli (2012) afirma que é possível pensar toda comunicação como uma manipulação do ambiente feita pelo emissor interessado em fazer com que alguém perceba certo sentido ou significado. Por outro lado, também, a característica prévia planejada voltada às ergonomias dos artefatos antecipa a postura ou a intervenção da ação do corporal sobre o objeto. Todavia, observa o autor (VOLLI, 2012), que os objetos de uso foram um desafio de entendimento para a semiótica, dado a possibilidade de serem considerados e interpretados como signos constitutivos de uma linguagem.

A semiótica com viés interpretativo classifica os aspectos semióticos a partir da utilização dos objetos. Sua orientação fixa-se nos comportamentos dos usuários e sequências de ação praticadas diante deles, dado que mostram potencial para sugerir sua finalidade. Segundo Volli (2012), um debate contrapõe a natureza do objeto como prótese e interface. Quanto à primeira natureza, procura-se entender como o objeto por si funciona para ampliar o papel do corpo. No que importa às discussões, a segunda natureza perscruta a capacidade dos objetos comunicarem as próprias funções, inclusive, para usuários inexperientes. De acordo ainda com Volli (2012), as diferentes abordagens semióticas partem das qualidades perceptivas e sinestésicas dos objetos para descrevê-los como autênticos processos de significação, que instigam determinadas ações e comunicam certos valores em vez de outros. Em semelhança aos textos, os objetos mostram uma dimensão que se poderia dizer narrativa, uma vez que se caracterizam e situam no lócus social. Isso pode ser evidenciado tendo por base o fato de que qualquer processo de significação contém mais ou menos explicitamente uma sequência de ação. A eficácia comunicativa dos objetos consiste em compreender como e quais características morfológicas (forma, cor, dimensão, matéria, peso etc.), e contexto de uso, comunicam a função para o qual o objeto foi concebido (VOLLI, 2012).

O conceito de *affordance* tornou-se guia para diversos campos de estudos, como arquitetura, ensino, tecnologia da informação e comunicação. No ensino, que é o interesse aqui, de maneira geral *affordances* são empregados para examinar recursos metodológicos que inibam ou facilitem o desempenho de certas atividades e atuações cognitivas em aula. Dentro da semiótica, estudos articulam a estratégia multimodal de representação com o conceito de *affordance* (PRAIN; TYTLER, 2012). Marcante para diversos estudos que se

seguiram nessa direção, o trabalho pioneiro de Kress et al. (2001) procurou identificar diferentes *affordances* dos multimodos utilizados para discernir potenciais propriedades semióticas para representar o conhecimento científico e que foram capazes de satisfazer necessidades da aprendizagem. Hoban e Nielsen (2014) propuseram que *affordances* fossem usados para tratar das convenientes possibilidades de ações que o modo de representação de produção de animação via “stop motion” gera em sala de aula durante o ensino de ciências. Em Fredlund, Airey e Linder (2012), *affordance* orienta a maneira pela qual diferentes representações semióticas de física, referente à representação esquemática de ondas mecânicas no papel na forma de raios versus frente de ondas, engajam os estudantes em processos comunicativos na aula e, com isso, promovem o compartilhamento do conhecimento estudado. Já adiantado no começo do artigo, em um viés diferente dos estudos mencionados, Laburú, Silva e Zômpero (2017) investigaram *affordances* negativos em instrumentação de física que conduzem estudantes a uma manipulação enganosa. Dando continuidade a esse estudo, um trabalho posterior de Silva e Laburú (2017) aplica a ideia de *affordances* negativos para demonstrações empíricas, refinando essa análise semiótica através das categorias procedimental e conceitual para compreender a razão de certas demonstrações convidarem involuntariamente o aprendiz a interpretações erradas. Enquanto na primeira categoria, típica do primeiro trabalho, a interação manipulativa do estudante com o objeto se faz obrigatória, na segunda categoria do trabalho posterior leva em conta situações corriqueiras de demonstrações empíricas em que o aprendiz permanece em situação passiva, no sentido de apenas observar o ocorrido. Nesta última categoria, os autores discutem uma montagem experimental particular realizada pelo professor que concentra a atenção dos alunos de modo não intencional para um aspecto do fenômeno, ao mesmo tempo em que oblitera outro igualmente importante fundamental para o esclarecimento conceitual da demonstração (SILVA; LABURÚ, 2017).

AFFORDANCES EM DOCUMENTÁRIOS

Motivados pelos últimos dois trabalhos anteriores, notou-se aqui a factibilidade de se transpor a ideia de *affordances* negativos para filmes de gênero documentário de história da física. Da mesma forma que instrumentos convidam involuntariamente aprendizes a enganos de interpretação devido à ocorrência de situações de *affordances* negativos, por conseguinte,

isso igualmente pode vir a acontecer com filmes de tal gênero. Porém, nestes uma diferenciação fundamental se apresenta. Assim como as demonstrações empíricas, os filmes são representações dinâmicas, de sequenciamento temporal. Aliás, ainda mais importante, um filme de tipo documentário mescla múltiplas representações. Além de demonstrações empíricas, combina figuras, quadros, cenários, simulações, desenhos esquemáticos, equipamentos, gestos, sequência de ações de personagens, linguagens orais e escritas, movimentação de cenários, todos de modo coordenado e integrado, tomando parte do roteiro com objetivo de informar. Por essa razão, trechos de filmes, sustentados por todas essas formas representacionais (PRAIN; WALDRIP, 2006), podem igualmente apresentar situações de *affordances* negativos e que se tornam responsáveis por convidar o espectador-estudante de maneira não intencional a desvios de compreensão do que supostamente pretendia o roteirista. De fato, para complementar, as demonstrações empíricas reais não interativas, assim como modelos concretos, arquiteturas e maquetes, pertencem ao modo representacional 3-D do mundo material, enquanto filmes também são passivos no sentido interacional e pertencem ao modo representacional imagético 2-D (PRAIN; WALDRIP, 2006, p. 1844; TYTLER, PRAIN, PETERSON, 2007, p. 314). É de observar, todavia, que essas distintas representações, que têm em comum manipulação inexistente, não impedem a ocorrência de *affordances* negativos de tipo conceitual, uma vez que *affordances* negativos do tipo procedimental (SILVA; LABURÚ, 2017) são impraticáveis por causa disso. É preciso notar igualmente, que na interação direta de um agente com objetos o equívoco aparece de imediato na realização da ação, enquanto os documentários guardam semelhança com as demonstrações de somente observação.

Porém, a fundamental diferença da representação fílmica é sua natureza de linguagem tipológica. Diferentemente da natureza topológica das formas representacionais visuais estáticas dos objetos, figuras, gestos, maquetes, fotografias, pinturas etc., que operam primariamente por contraste, e se sobressaem pela ênfase de aspectos mutuamente exclusivos e marcantes em recursos que expressam e potencializam significados quantitativos, de grau, posicional, o modo representacional imagético fílmico, por sua vez, notabiliza-se pela linguagem tipológica. Esta linguagem é peculiar das formas representacionais escrita e oral, e que são seus maiores arquétipos, e que normalmente se encontram presentes nos filmes. De maneira geral, linguagens tipológicas se mostram limitadas para transmitir significados

topológicos, e vice e versa, mas são potentes para impulsionar raciocínios semânticos, qualificar ideias ou realizar relações entre categorias (PRAIN; WALDRIP, 2006, p. 1845). A representação fílmica, por guardar o discurso narrativo, carrega e ao mesmo tempo extrapola o discurso meramente descritivo sensório estático presente nas representações topológicas. A representação fílmica, por guardar o discurso narrativo, carrega e ao mesmo tempo extrapola o discurso meramente descritivo sensório estático presente nas representações topológicas. Na medida em que está condicionada a um itinerário temporal, cronológico, como a fala, ela constrói relações e significados que são recuperados e construídos passo a passo (LABURÚ; BARROS; SILVA, 2011) em cada uma das apreensões das percepções instantâneas do contínuo decorrer temporal.

Portanto, além de *affordances* negativos que podem ser emitidos pelas imagens de objetos, de ações de personagens, situações concretas, figurações, desenhos, modelos e maquetes etc. que comparecem em um filme como partes de um todo, a inerente temporalidade linear do encadeamento de todas essas imagens, conjugada à linguagem verbal, pode convidar involuntariamente o aprendiz a enganos semânticos devido ao sequenciamento, promovendo falsas associações com a conjugação de linguagens necessárias à integração e coordenação das partes para formação de sentidos.

FICHA TÉCNICA DO DOCUMENTO E DESCRIÇÃO DO TRECHO DE INTERESSE

O filme se acha no *YouTube* e faz parte do gênero documentário de história da física. Trata-se do último episódio de três documentários a respeito da história do Átomo. O episódio em foco denomina-se “*Átomo: a ilusão da realidade*” e encontra-se no site <https://www.dailymotion.com/video/x6i2tcg>. O tempo total de reprodução filme perfaz 58:59 minutos e a seleção para exame restringe-se a um intervalo entre os instantes 02:50 min. à 03:20 min. O filme mostra um histórico da evolução do conceito de átomo. Grosso modo, inicia com a apresentação do estudo do movimento browniano do pólen na água por Einstein como determinante para o conceito de átomo; fala a respeito da radioatividade e raios cósmicos; aborda o experimento do Centro de Aceleração Linear de Stanford (SLAC) que corrobora a teoria de quarks (41:51 min.); comenta de passagem a teoria das cordas (44:37 min.); e, por fim, termina com implicações filosóficas.

Nos prolegômenos do filme situa-se o tema e inicia-se a narrativa principal com o estudo da radioatividade por Marie Curie em 1897 (02:26 min.), existência e cálculo do tamanho do átomo por Einstein devido ao movimento browniano (02:43 min.). Em seguida, que é a parte que interessa a este trabalho, em 02: 50 min. aparece o experimento propriamente dito do espalhamento de partículas alfa de Ernest Rutherford (02:52 min.) com a *fala do protagonista Jim Al-Khalili e simultaneamente observando um pedaço de mineral por meio de um tubo de microscópio (02:57 min.), ao mesmo em que diz que o experimento “revela a forma de um átomo” (02:59 min.). Em seguida, aparece um desenho de partículas (elétrons) circulando em torno de um núcleo no mineral (03:02 min.). Na sequência, um feixe de partículas (alfa) em movimento horizontal passa ao lado de um ponto que quer indicar a ideia de núcleo atômico (03:12 min.) sob o fundo do mineral observado, até que se assiste uma das partículas do feixe ricocheteando e voltando no sentido oposto do movimento em razão da colisão frontal com esse núcleo (03:17 min.)* (o trecho em itálico está analisado na próxima seção). Durante o desenrolar dessas cenas, o protagonista narra que os cientistas ficam “chocados ao descobrir que o interior do átomo é um espaço inteiramente vazio” e levanta a questão, baseado no experimento, de “como esse átomo vazio forma um mundo sólido que nos rodeia” (03:20 min.).

ANÁLISES

No intervalo do filme descrito na seção anterior há mais de um *affordance* negativo a mencionar. Outros *affordances* corriqueiros e sempre presentes que aparecem e são comuns em várias mídias, livros etc., ainda que importantes, não são foco de interesse aqui, visto sua divulgação na literatura (p. ex., OZMEN, 2011). Eles surgem em razão das limitações impostas pela forma de representação imagética do tipo figuração, desenho, esquema ou estruturas moleculares com bolas e vareta quando se pretende retratar modelos teóricos do mundo microscópico. Assim, abstrações que se propõem a visualizar a matéria microscópica, em geral mediante analogias com bolinhas sólidas, ou como no presente caso, que giram em torno de outra bolinha-núcleo, inclusive, reforçado pela linguagem modelo “planetário”, costumam remeter concepções e experiências da esfera das experiências sensíveis do universo macroscópico para o mundo microscópico. Nesse sentido, o filme reforça *affordances* que induzem um conjunto de concepções impróprias já inventariadas (TENÓRIO DA SILVA; AMARAL, 2013).

No que importa ao trabalho, um *affordance* inicial a indicar e discutir surge da sequência das cenas do protagonista observando um mineral mediante um microscópio na posição horizontal (02:57 min.) em que, instantes antes (02:55 min.), a cena do equipamento de Rutherford é passada. Como ambos os instrumentos têm tubos cilíndricos na horizontal e em razão da rápida passagem em sequência das cenas dos aparelhos, há então aqui a caracterização de uma situação de *affordance* negativo. Esta se faz presente haja vista que o espectador tende a induzir que o protagonista está realizando a observação no próprio tubo do equipamento de Rutherford, o que não é o caso. De fato, a função deste último tubo é colimar as emissões alfa que são identificadas num microscópio em razão das luminescências produzidas quando as partículas alfa colidem com uma tela fluorescente após atravessarem o alvo composto por uma finíssima folha de ouro. Em tal situação, portanto, uma condição de *affordance* se configura já que uma insinuação de associação dos aparelhos imprópria aparece.

O mais significativo *affordance* negativo a destacar, inclusive reforçado pelo *affordance* antecedente, dado que ambos vêm encadeados temporalmente, é o seguinte. Na continuidade do protagonista a observar através do microscópio, concomitantemente segue sua fala de que o experimento de Rutherford revela a forma de um átomo (02:59 min.) junto à cena de uma animação de elétrons girando em torno de um núcleo (03:02 min.). Além disso, junta-se a seu comentário ao fundo de que os cientistas ficam chocados ao descobrir que o átomo é inteiramente vazio (03:12 min.), no mesmo instante em que passa o movimento de um feixe de partículas, várias delas quase raspando o núcleo atômico (os elétrons não aparecem mais no filme), e, por fim, é mostrado uma delas ricocheteando no sentido inverso em virtude de seu choque frontal com o núcleo (03:17 min., cf. também itálico da seção acima). Todas essas sequências de cenas, coordenadas por meio de representações nos modos de falas, imagens animadas por desenhos de átomo, rocha mineral, equipamentos, gesto do protagonista em ação de observação através do microscópio, se somam para constituir um *affordance* negativo. Este se caracteriza por vir a conduzir o estudante à compreensão errônea de que é possível observar átomos diretamente pelo microscópio, assim como ser possível ver seu núcleo interagindo com o feixe de partículas alfa (também visíveis) em um espaço local vazio, em que um núcleo atômico isolado seria o responsável pela colisão frontal de partículas alfa com ele.

Em relação à situação central pelo aparecimento desse *affordance* negativo, ou mais especificamente, da cena e do contexto em que a pessoa aparece olhando o microscópio, e que é capaz de levar a pensar que se está vendo as entidades atômicas e o comportamento discutido, existe um prejuízo de entendimento do papel desse instrumento que é chave para sustentar esse *affordance*, e que poderia ser amainado no filme. Uma tentativa de minimizar ou evitar tal *affordance* seria mostrar a função do microscópio no aparato experimental, ou seja, o de observar luminescências no anteparo fluorescente. De fato, desse resultado indireto e da equação matemática que rege a relação de partículas espalhadas com os ângulos de dispersão sobre um determinado alvo obtidos pelas luminescências é que se avaliam as dimensões do átomo alvo, assunto que estaria fora do escopo de um ensino do nível básico, mas que poderia ser explicado qualitativamente e com exemplos mecânicos (p. ex., LAX, 2020).

Em suma, a ocorrência do *affordance* nesse trecho da película é um convite a concluir que Rutherford consegue enxergar o mundo atômico e assim testemunhar que a matéria exhibe núcleos atômicos massivos localizados, em um espaço predominantemente vazio. Ademais, cabe analisar que esse *affordance* negativo é complementado e ainda mais reforçado instantes antes da apresentação desse experimento pelas cenas e comentários do protagonista em 02:38 min., onde diz que Einstein “provou conclusivamente a existência e o tamanho do átomo”, mediante o experimento browniano. Como se vê, um conjunto de diversas representações e encadeamento temporais de cenas se juntam de forma integrada e coordenada para formar um *affordance* negativo para dirigir a má compreensão do que se pretende.

COMENTÁRIOS FINAIS E CONCLUSÃO

Da mesma forma que artefatos e instrumentos científicos têm possibilidade de apresentar *affordances* negativos quando da realização de aulas experimentais, filmes de gêneros documentários de interesse instrucional também estão sujeitos à mesma condição. Dentro dessa preocupação, o estudo examinou um fragmento de documentário em que se depara com *affordances* negativos e que tendem a levar aprendizes a desvios de interpretação da narrativa que se pretendia. Caso um professor venha a se servir desse tipo de material

didático para subsidiar e complementar suas aulas, prejuízos para a aprendizagem poderiam advir devido à ocorrência desses *affordances*.

Enquanto em artefatos e instrumentos concretos os *affordances* negativos podem ser percebidos diretamente via ações e gesticulações dos estudantes durante o manejo de experimentos (LABURÚ; SILVA; ZÔMPERO, 2017), em filmes e demonstrações experimentais não interativas, tais *affordances* somente se fazem perceber via ato discursivo que deve ser provocado pelo professor, sem o qual se fica impossibilitado de perceber e confirmar os efeitos deletérios provocados pelos *affordances* negativos quando da construção das ideias e conceitos científicos que está a ensinar. Em todos os casos, porém, diante das experiências adquiridas na prática de sala de aula, o professor tem como antecipar para suas futuras práticas esses *affordances*, com objetivo de ultrapassá-los e, assim, corrigir rumos de aprendizagens indesejáveis. Aliás, torna-se cognitivamente produtivo, no sentido de uma aprendizagem para maior significação, o professor problematizar os constatados *affordances* negativos presentes, mediante abordagem instrucional dialógica e de debate, em vez de somente adiantá-los e resolvê-los mecanicamente para os alunos, desse modo, tornando a tomada de consciência superficial. Daí a relevância, dentro de um planejamento prévio do professor, de saber reconhecer *affordances* negativos para antever problemas de compreensão que possam advir diante de materiais didáticos usados e que tendem a gerar prejuízos na formação dos estudantes, inclusive, ficando sua origem e fonte indeterminada e fora de contexto devido a serem percebidos nos alunos muito tempo depois.

Como perspectiva para novas investigações se pode extrapolar diretamente o estudo para outras matérias de ciências e recursos didáticos, como applets, simuladores etc., identificando e pontuando previamente *affordances* negativos capazes de disseminar concepções enganosas de ciências e que costumam passar despercebidas.

Com isso, o trabalho espera contribuir com o ensino científico na medida em que, à luz do olhar analítico do conceito de *affordances* negativos, professores de educação científica se atentem para ocorrências em filmes documentários que, ao serem empregados no ensino, podem conduzir estudantes para uma má compreensão dos conteúdos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BROWN, J. P.; STILLMAN, G.; HERBERT, S. Can the notion of affordances be of use in the design of a technology enriched Mathematics curriculum? In: I. Putt, R., Faragher and M. McLean (Eds) **Proceedings of the 27th Annual Conference of the Mathematics Education Research Group of Australasia**, Sydney, MERGA, v. 1, p. 119–126, 2004.
- DUVAL, R. **Semiosis y pensamiento humano: registros semióticos y aprendizajes intelectuales**, Universidad del Vale, Instituto de Educación y Pedagogía, Santiago de Cali, Colombia, 2004.
- ECO, U. **Tratado geral de semiótica**. São Paulo: Perspectiva, 2003.
- ECO, U. **A estrutura ausente**. Editora Perspectiva, 7ª edição, São Paulo, SP, 2005.
- FREDLUND, T.; AIREY, J. LINDER, C. Exploring the role of physics representations: an illustrative example from students sharing knowledge about refraction, **European Journal of Physics**, v. 33, p. 657–666, 2012.
- GIBSON, J. J. **The Ecological Approach to Visual Perception**. New York: Lawrence Erlbaum Associates. 1986.
- HAMMOND, M. What is an affordance and can it help us understand the use of ICT in education? **Education and Information Technologies**, v. 15, 205–217, 2010.
- HOBAN, G. F., NIELSEN, W. S. Creating a narrated stop-motion animation to explain science: the affordances of “slowmation” for generating discussion, **Teaching and Teacher Education**, v. 42, p. 68-78, 2014.
- KRESS, G.; JEWITT, C.; OGBORN, J.; TSATSARELIS, C. **Multimodal teaching and learning: The rhetorics of the science classroom**. London: Continuum, 2001.
- LABURÚ, C. E., BARROS, M. A.; SILVA, O. H. M. Multimodos e múltiplas representações, aprendizagem significativa e subjetividade: três referenciais conciliáveis da educação científica, **Ciência & Educação**, v. 17, n. 2, 469-487, 2011.
- LABURÚ, C. E.; SILVA, O. H. M.; ZÔMPERO, A. F. Affordances dos materiais como indutores de equívocos durante experimentos para o ensino de física. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, ISSN: 1415-2150, v. 9, e. 2637, p. 1-15, 2017.
- LAX, P. **Experimento de rutherford da folha de ouro: modelo mecânico da famosa descoberta do núcleo do átomo**. Youtube. 2018. Disponível em <<https://www.youtube.com/watch?v=aWoqBVCICKA&t=14s>>. Acesso em: 06 de out. 2020.
- NORMAN, D. A. **O design do dia a dia**. Rio de Janeiro: Editora Rocco, 2006.
- OLIVEIRA, M. K. **Vygotsky, aprendizado e desenvolvimento. Um processo sócio-histórico**. Série Pensamento e Ação no Magistério. Editora Scipione, São Paulo, SP, 1993.
- OLIVEIRA, F. I. S.; RODRIGUES, S. T. **Affordances e a relação entre agente e ambiente**, Editora UNESP, SP, p. 1- 106, 2014.
- OZMEN, H. T. Primary students' conceptions about the particulate nature of matter, **International Journal of Environmental & Science Education**, v. 6, n. 1, 99 – 121, 2011.
- PRAIN, V.; TYTLER, T. Learning Through Constructing Representations in Science: A framework of representational construction affordances, **International Journal of Science Education**, v. 34, n. 17, p. 2751–2773, 2012.
- PRAIN, V.; WALDRIP, B. An exploratory study of teachers' and students' use of multimodal representations of concepts in primary science, **International Journal of Science Education**, 28, 15, 1843-1866, 2006.

- SANTAELLA, L. **A teoria geral dos signos: semiose e autogeração**, Editora Ática S.A., São Paulo, 1995.
- SANTAELLA, L. **Matrizes da linguagem e pensamento: sonora, visual, verbal**, Editora Iluminuras Ltda, São Paulo, SP, 2005, 431p..
- SANTAELLA, L; NÖTH, W. **Comunicação & Semiótica**. Hacker Editores, São Paulo, 248 p., 2004.
- SILVA, O. H. M.; LABURÚ, C. E. Instrumentação em educação científica e o convite ao erro: uma leitura a partir do referencial de *affordances*, **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, ISSN 2175-7941, v. 34, 2, 404-413, 2017.
- TENÓRIO DA SILVA, J. R. R.; AMARAL, E. M. R. Proposta de um Perfil Conceitual para Substância, **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 13, n. 3, 53-72, 2013.
- TYTLER, R.; PRAIN, V.; PETERSON, S.. Representational issues in students learning about evaporation. **Research in Science Education**, 37, 313-331, 2007.
- TYTLER, R.; PRAIN, V.; HUBBER, P.; WALDRIP, B. **Constructing representations to learn in science**, Springer, Sense Publishers, ISBN 97862092013 (paperback), Rotterdam, Netherlands, 2013.
- VOLLI, U. **Manual de semiótica**, Edições Loyola, 2ª edição, São Paulo, 2012.
- WALDRIP, B.; PRAIN, V.; CAROLAN, J.. Using multi-modal representations to improve learning in junior secondary science, **Research in Science Education**, v.40, p. 65-80, 2010.