



Vitruvian Cogitationes - RVC

“OUR FRIEND THE ATOM”: UMA ANÁLISE IMAGÉTICA DO LIVRO DE COMUNICAÇÃO CIENTÍFICA DA DISNEY

“OUR FRIEND THE ATOM”: ANÁLISIS DE IMÁGENES DEL LIBRO DE COMUNICACIÓN CIENTÍFICA DE DISNEY

“OUR FRIEND THE ATOM”: AN IMAGE ANALYSIS OF DISNEY'S SCIENTIFIC COMMUNICATION BOOK

Giovana Blitzkow Scucato dos Santos

Mestranda PPGET-UTPFR; blitzkow.gb@gmail.com

Débora Amaral Taveira Mello

Pós-Doutoranda PCM-UEM; datmello@gmail.com

Marcos Cesar Danhoni Neves

Professor PCM-UEM; mcdneves@uem.br

Resumo: Neste artigo, analisamos uma imagem do livro *Our Friend the Atom* escrito pelo astrofísico Heinz Haber junto ao Departamento de Ciências da Disney. Além de analisar a imagem, investigamos sua relevância para o ensino e a divulgação da Ciência. O livro de Haber e Disney tem como objetivo explicar como a energia nuclear funciona além de apoiar seu uso para o bem, apesar do perigo de destruição, contaminação e outros desastres possíveis. O objetivo é, pois, contextualizar o conteúdo do livro e suas imagens visuais e identificar aspectos que contribuam para o currículo de Ciências. Para o presente artigo, examinamos uma figura do livro que representa como as reações em cadeia funcionam para gerar energia nuclear. Para tanto, seguimos um método de quatro etapas proposto por Silva e Neves (2018) para realizar uma análise imagética, fornecendo uma compreensão da linguagem visual. Entendemos a importância do livro para a alfabetização científica por meio de suas ilustrações e texto, contextualizando-o.

Palavras-chave: Popularização da ciência. Educação e entretenimento. Análise de imagens.

Resumen: En este artículo, analizamos una imagen del libro *Our Friend the Atom* escrito por el astrofísico Heinz Haber del Departamento de Ciencias de la Disney. Además de analizar la imagen, investigamos su relevancia para la enseñanza y divulgación de la Ciencia. El libro de Haber y Disney tiene como objetivo explicar como funciona la energía nuclear y respalda su uso para el bien a pesar del peligro de destrucción, contaminación y otros desastres posibles. El objetivo es, pues, contextualizar el contenido del libro y sus imágenes visuales e identificar

aspectos que contribuyam al currículo de Ciencias. Para este artículo, miramos una imagen del libro que representa cómo funcionan las reacciones en cadena para generar energía nuclear. Por tanto, seguimos un método de cuatro pasos propuesto por Silva y Neves (2018) para realizar una análisis de imagen, lo que nos da una comprensión del lenguaje visual. Entendemos la importancia del libro para la alfabetización científica a través de sus ilustraciones y texto, contextualizándolo.

Palabras-clave: Popularización de la ciencia. Educación y entretenimiento. Análisis de imágenes.

Abstract: In this article, we analyze an image from the book *Our Friend the Atom* written by astrophysicist Heinz Haber with the Disney Science Department. In addition to analyzing the work, we investigate its relevance for science teaching and dissemination. Haber and Disney's book aims to explain how nuclear energy works and supports its use for good despite the danger of destruction, contamination and other disasters. Our aim is to contextualize the book's content and its visual images and identify aspects that contribute to the science curriculum. For this article, we look at a picture from the book that represents how chain reactions work to generate nuclear energy. Therefore, we follow a four-step method proposed by Silva and Neves (2018) to perform an image analysis, giving us an understanding of the visual language. We understand the importance of the book for scientific literacy through its illustrations and text, contextualizing it.

Keywords: Science popularization. Education and entertainment. Imagery analysis.

1 INTRODUÇÃO

A comunicação da Disney¹ é peculiar e persuasiva por meio da linguagem visual. Os meios de comunicação das obras da Disney tendem a trabalhar com emoções da audiência, envolvendo-os e criando empatia com personagens, ambiente, objetos, etc. (CATMULL; WALLACE, 2014). A Disney tenta atingir emoções das pessoas por meio de técnicas de animação, sua estética autêntica e que visa o gosto popular, criando um apelo que atinge os mais diversos grupos. Outro fator que chama a atenção é a qualidade do realismo gráfico na linguagem imagética. A Disney dispõe de recursos técnicos e artísticos para aproximar o mundo real da fantasia conforme julgar necessário (WHITLEY, 2012).

Cohen e Johnson escrevem que “há uma estreita relação entre imagens e compreensão, como a compreensão de frases, parágrafos, e passagens é aumentada quando as imagens mentais são formadas” (COHEN; JOHNSON, 2012, p. 927). Com base nesta afirmação, nesta pesquisa, investigamos o livro *Our Friend the Atom*. O principal tema de estudo é a comunicação de imagens, neste artigo, nós escolhemos uma imagem para análise conforme o método de Silva e Neves (2018). A imagem selecionada como parte central da pesquisa é uma alegoria de reação em cadeia, explicada por meio de bolas de pingue-pongue e ratoeiras. Vale ressaltar que essa analogia é amplamente usada até hoje. Sobre o papel da analogia, Jonãe (2015) a define como a capacidade de fazer paralelos entre conceitos abstratos com ideias tangíveis. As analogias podem ser um recurso eficiente para o ensino de ciências (STAVY, 1991; GILBERT, 2004; STUART, 2019), tornando este livro um exemplo de como a Arte pode auxiliar a ciência e a educação (MCMULLIN, 1985).

No presente artigo avaliamos a relevância da estética imagética deste livro para a educação científica. Outros pesquisadores discutiram o *Our Friend the Atom*, estudando tanto o livro quanto a animação. Em cada caso, os autores pesquisaram o contexto em que o livro foi

escrito ou a animação foi desenvolvida (LANGER, 1995; MECHLING; MECHLING, 1995; POPOVA, 2013; MENÉNDEZ NAVARRO, 2015; KOEHNE; HEUMANN, 2018). Além dessa abordagem de imagens e ícones visuais, examinamos as intenções escusas e a tentativa de amenizar a imagem tóxica pós-Segunda Guerra Mundial depois dos criminosos bombardeios de Hiroshima e Nagasaki, argumentando agora para uma imagem benéfica ou neutra do átomo, bem como dos Estados Unidos da América como Estado guardião da Paz. Essa mudança de imagem tem importância central em ganhar a confiança popular e o apoio à ciência nuclear (MECHLING; MECHLING, 1995; MENÉNDEZ NAVARRO, 2015), usando a linguagem que a Disney domina para convencer o público da energia atômica em seus aspectos positivos.

O Walt Disney Studios aprendeu a comunicar ideias de maneira eficaz, até mesmo usando seus personagens para apoiar propósitos políticos, como guerras e investimentos em energia nuclear. A Disney sabe trabalhar com a dialética, entendendo que imagens e recursos visuais não devem ser vistos apenas como ilustrações (FISCHMAN E., 2001). Jacobi e Schiele (1989) apontaram que o ensino de ciências tem usado a linguagem visual do entretenimento de mídia para o benefício da popularização da ciência. Mesmo não tendo sido destinado ao aprendizado formal, desempenhou um papel essencial na disseminação da alfabetização científica (HURD, 1958; HOFSTEIN; ROSENFELD, 1996).

Baseado na metodologia desenvolvida por Silva e Neves (2018) estabelecemos conexões entre Arte e Ciência, conceitos em semiótica (HOOPEES, 1991; SHORT, 2007; JAPPY, 2013) e representação, referência e significado (ATKIN, 2013). Além disso, o presente texto fará uso do *design emocional* (NORMAN, 2005) como suporte às hipóteses aqui aventadas. Entre 164 páginas ricamente ilustradas, escolhemos uma imagem para exemplificar uma análise de imagens. Essas imagens representam a estética do livro e mostram fenômenos ao leitor de maneira simples, como exploraremos mais adiante

2 EDUCAÇÃO, ENTRETENIMENTO E A IMAGEM DOS EUA

Já era costumeiro à Disney Studios trabalhar em prol do governo dos EUA para apoiar o país em termos de poder, produzindo filmes educacionais e treinamento militar, com contratos de produção sem foco em entretenimento, determinados a lucrar com a guerra (BAXTER, 2014). Em junho de 1942, a Disney constituiu-se, formalmente, como parte auxiliar na guerra, e o exército estava montando seu sistema regular de identificação e controle (LESJAK, 2014). Os estúdios não produziram apenas filmes de treinamento militar, mas criaram também “pôsteres e obras de arte que aumentaram o moral para inúmeras organizações e publicações relacionadas com a guerra” (BAXTER, 2014).

Walt Disney escreveu em um artigo (DISNEY, 1954) a relação intrínseca: educação versus entretenimento, sendo cunhado, mais tarde, o termo *edutainment* (em inglês, *education* + *entertainment*, ou seja, educação + entretenimento). Em suas palavras

The True Life Adventures são feitas, e continuarão a ser feitas, principalmente como entretenimento. Eles não são projetados especificamente para a educação convencional. Mas, em minha definição, a sobreposição está implícita. Na medida em que são instrutivos, devemos admitir que também podem ensinar (DISNEY, 1954, p. 82).

The True-Life Adventures (ou, *As Verdadeiras Aventuras da Vida*) mencionada por Disney é uma série de documentários que ele produziu entre 1948 e 1960. Esses documentários eram sobre a natureza e animais. A capacidade de contar histórias e o nível de excelência aplicada pela Disney ficam explícitas no material educativo.

3 CONTEXTO HISTÓRICO

Em 6 de agosto de 1945, os Estados Unidos lançaram sua bomba atômica em Hiroshima e em Nagasaki no intervalo de três dias, resultando na rendição do Japão na Segunda Guerra Mundial. Nesse momento, o público passou a conviver com a consciência do poder atômico enquanto aproveitava a saída da Depressão e a prosperidade social dos anos do pós-guerra (MARTIN, 2017). A população se viu neste contexto com facilidades e conforto, vivendo em comunidades suburbanas em crescimento, adquirindo novos itens de consumo que o país oferecia (HENRIKSEN, 1997).

No entanto, em setembro de 1949, o monopólio dos EUA sobre a energia atômica tinha terminado após a União Soviética detonar sua bomba nuclear. Além disso, o crescente conflito na Coreia trazia a ideia, sempre sob o olhar geopolítico norte-americano, de que a bomba poderia ser usada contra os Estados Unidos (MARTIN, 2017).

Duas narrativas sobre a energia atômica foram veiculadas na mídia: a) armas nucleares e sua imagem de destruição associadas a elas; b) ênfase na pesquisa atômica, na qual os cientistas aproveitaram a energia nuclear para beneficiar a humanidade em vez de destruí-la. O segundo enfoque demonstrava um esforço em mostrar as conquistas de cientistas atômicos nos campos da indústria, agricultura, biologia, e na medicina, experimentando diferentes materiais e processos radioativos (WARNER PATHÉ, 1950).

4 NOSSO AMIGO, O ÁTOMO

Em 23 de janeiro de 1957, a Disney lançou um documentário animado para a *ABC Disneyland* chamado “*Our Friend the Atom*” (*Nosso amigo, o Átomo*, em português). O programa produzido para a televisão veio ao público como uma narrativa sobre os Estados Unidos em uma série organizada em torno de quatro temas dentro do parque da Disney - *Frontierland*, *Adventureland*, *Fantasyland* e *Tomorrowland*, apresentando “*Our Friend the Atom*” como uma história em *Tomorrowland*. Walt Disney viu isso como um projeto imperativo para levar a ciência ao público norte-americano, complementando assim o filme com uma série de textos, incluindo uma versão em livro do roteiro e um pacote de materiais educacionais para escolas primárias e secundárias dos EUA (MECHLING; MECHLING, 1995).

O livro tem uma breve introdução de Walt Disney, na qual ele escreveu: “A ficção muitas vezes tem uma maneira estranha de se tornar fato” (HABER, 1957, p. 10), fazendo referência ao filme *20.000 Léguas Submarinas* (1954), com *Nautilus*, um submarino movido por uma espécie de força mágica. Na época, a Disney relata que uma versão autêntica do submarino da Marinha americana com o mesmo nome foi o primeiro no mundo a ser movido por energia atômica.

É a prova do poder útil do átomo que moverá as máquinas de nossa era atômica. O átomo é nosso futuro. É um assunto que todos querem entender, por isso há muito planejamos contar a história do átomo. [...] A ciência atômica começou como um pensamento positivo e criativo. Ele criou a ciência moderna com seus muitos benefícios para a humanidade. Nesse sentido, nosso livro tenta deixar claro para você que podemos realmente considerar o átomo como nosso amigo (HABER, 1957, p. 11).

Our Friend the Atom tem 164 páginas, algumas das quais são ricamente ilustradas. É de autoria de Heinz Haber e dividido em 17 capítulos, excluindo o Prefácio e o Prólogo escritos

por Walt Disney. Este pretende explicar aos leigos os conceitos básicos sobre átomos, criando uma espécie de transposição didática do conhecimento acadêmico (ACHIAM, 2014). Embora algumas das páginas sejam um tanto quanto técnicas, demonstrando curvas de decaimento radioativo de elementos ou a tabela periódica com apenas 101 elementos na época, o livro conta a história que é apresentada em um estilo familiar Disney: como uma fábula. Um Pescador encontra uma lâmpada e recebe três desejos de um Gênio. Na história se explica como o átomo é poderoso e até assustador. Assim, cabe à humanidade entender seu potencial e escolher fazer o que é bom para o mundo: poder, alimentação, saúde e paz, ao invés de guerra e destruição.

O próprio Walt Disney argumentou que, em seus estúdios, eles não se fingiam de cientistas, mas de contadores de histórias e, assim, o dirigente do Departamento de Ciências da Disney, contratou o Dr. Heinz Haber, astrofísico alemão conhecido nacionalmente nos Estados Unidos. Haber ajudou a desenvolver o programa e foi o autor do livro “*Our Friend the Atom*”. “O livro relembra que este conjunto convergente de mídia inclui uma imagem da futura vida do homem como seria moldada pelas realizações fabulosas de ciência” (VAN RIPER, 2011, p. 224). A Disney, juntamente com o governo dos Estados Unidos, tinha como objetivo melhorar sua imagem aos olhos do público, transformando algo destrutivo, como os crimes contra a humanidade de Hiroshima e Nagasaki, para uma possível *força*, próspera para os seres humanos e favorável aos interesses políticos.

5 ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA E O LIVRO

Este é um livro destinado ao grande público como uma leitura lúdica e repleta de imagens, sendo tão belo quanto didático. Na época em que ele foi escrito, havia um grande interesse em Ciência e Tecnologia. A divulgação científica teve um “boom” de interesse do público e “não era apenas popular na mídia, como jornais, revistas ilustradas e exposições, mas também romances, histórias em quadrinhos e filmes, atendiam a essa demanda” (LENTE, 2012, p. 02). Era principalmente por causa das revoluções científicas de natureza prática, tais como a evolução da Medicina, que trouxe a qualidade de vida, o desenvolvimento inicial de eletricidade, telecomunicações e sua popularização mediante possibilidades alternativas para a população (MATTHEWS, 2011).

Com apoio deste livro, um leigo poderia compreender um pouco sobre o que significam os fenômenos nucleares e como eles se aplicavam ao cotidiano. No mesmo caminho, a série televisiva também foi inicialmente orientada para a aprendizagem informal. Não obstante, esses vídeos alcançaram a sala de aula. Hofstein e Rosenfeld (1996) afirmam que a aprendizagem informal pode e deve se sobrepor à aprendizagem formal. Além disso, eles explicam que traçar uma linha entre a aprendizagem formal e informal é excessivamente simplista; é por isso que os autores adotaram uma 'abordagem híbrida'.

6 POR UMA ANÁLISE DE IMAGENS

Silva e Neves (2018) propõem um método interdisciplinar de análise de imagens, neste caso relacionando arte e ciência. Segundo os autores, o primeiro passo é analisar a forma; o segundo passo é uma análise de conteúdo da imagem; o terceiro, uma análise das relações que envolvem a imagem. Finalmente, a quarta etapa é a análise interpretativa do leitor. A partir dessas etapas interpretativas para as imagens do livro *Our Friend the Atom*, investigamos seu conteúdo e conceito num determinado contexto (SILVA; NEVES, 2018) (Figura 1).

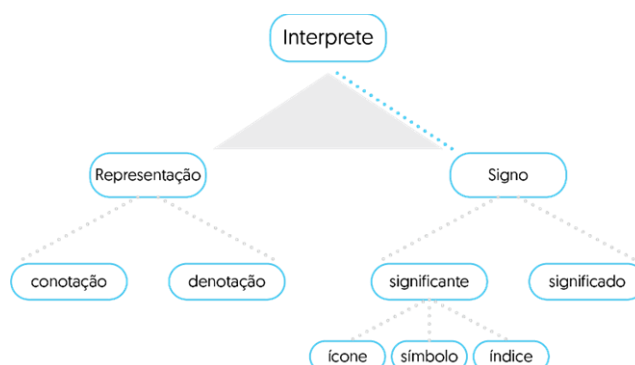
Figura 1 - Etapas propostas para analisar imagens interdisciplinares

1ª Etapa Análise de Forma	Perspectiva formalista Referência: Dondis	Análise as cores, linhas, dimensões e outras qualidades de expressão do imagem
2ª Etapa Análise de conteúdo	Perspectiva Warburgiana Referência: Panofsky	Análise do tema e significado da imagem
3ª etapa Análise das relações em torno da imagem: autor x contexto x leitor	Perceptualista ou perspectiva semiológica Referência: Gombrich	Análise de quem é o autor, o leitor. Qual o propósito da imagem, qual é a relação entre o autor, leitor e o contexto na qual a imagem foi produzida
4ª Etapa Análise interpretativa	Perspectiva Fenomenológica Referência: Merleau-ponty	Faça uma análise interpretativa procurando entender a imagem como um representação que vai além do que representa, que tem expressão própria

Fonte: Silva; Neves, 2018 (modificado).

Também fazemos uso de outros dois conceitos para a análise: a Semiótica e o Design emocional. Quanto à semiótica, a imagem seguinte (Figura 2) representa as conexões entre o usuário (intérprete) e suas relações com a representação e os signos. As representações constituem-se na forma de como se compreende o mundo, com sua interpretação realizada por meio de signos. Podemos entender as representações como um conceito abstrato, como *denotativo*, como uma explicação formal da informação, enquanto o *conotativo* é a referência do interpretante por meio do objeto e sua proposição sintética na qual os signos são predicados ou sujeitos, ou seja, há uma visão pessoal ou cultural na interpretação que ele incorpora (HOOPES, 1991; SHORT, 2007; JAPPY, 2013).

Figura 2 - Fundamentos da Semiótica



Fonte: Autores, 2021.

De acordo com Peirce, signos podem ser qualquer coisa, desde que alguém lhe dê um significado. Para compreendê-los, subdividimos os signos em duas partes: a) *significante*, a forma física de um signo, como a palavra escrita ou a imagem que cria a comunicação; e b) *significado*, o conceito abstrato que o significante representa (ver SHORT, 2007). Para que seja possível fazer uma leitura, categorizamos um significante em três tipos de signos: um *ícone*, a representação visual da semelhança dos objetos que denota; um *símbolo* não tem a semelhança

física com o objeto, mas denota vagamente o objeto por um conceito pré-estabelecido em uma dada regra, significando que o interpretante é necessário para dar-lhe significado em associação a uma ideia; e os *índices* que podem ser explicados como a relação dinâmica com o resultado casual de um objeto. Não pode ser dissociado de uma relação existencial entre o significante e a presença física do significado.

A teoria dos signos é ricamente estudada em Linguística e, por extensão, aplicada na comunicação visual. Apesar da falta de formalismo gramatical, a linguagem visual tem retórica, narrativa, eficácia da linguagem e semântica (KRESS; LEEUWEN, 2006), ou seja, a semiótica permite aprofundar a compreensão da tríade *interpretante-representação-signo*, explicando-a como uma linguagem que comunica. Blair (2012, p. 205), sobre isso, afirma que “uma única imagem visual pode provavelmente ser mais poderosa do que uma única afirmação verbal”.

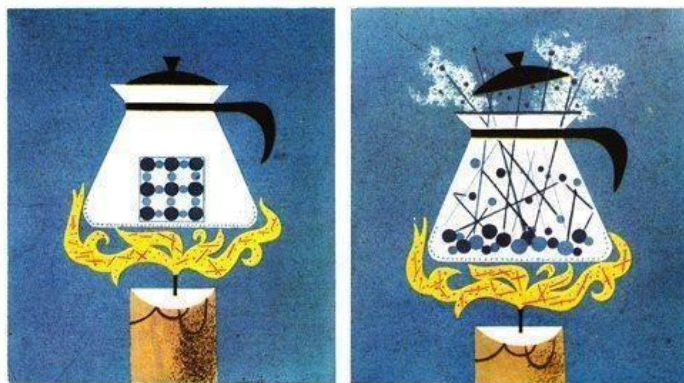
Como uma abordagem ao *design emocional*, Norman (2005) argumenta que a emoção que um design infere, de certa forma, pode desempenhar um papel mais crítico no investimento do público do que seu valor originalmente proposto. O autor define três aspectos diferentes de um design que pode investir emocionalmente em alguém: *visceral*, *comportamental* e *reflexivo*. O design *visceral* diz respeito às *aparências*. O design *comportamental* diz respeito ao *prazer* e à *eficácia*. O design *reflexivo* diz respeito à *racionalização* e *intelectualização* de um produto.

Quando se trata do livro “*Our Friend the Atom*” da Disney, o público é obrigado a usar a forma como a Disney apresenta as coisas visualmente. *Visceralmente*, pode-se ficar deslumbrado com a estética da Disney. *Comportalmente*, ter tal livro em mãos pode ser um prazer, pois a edição é um livro de capa dura, página espessa, bem editado, com nomenclatura e divisão de capítulos claros, descrevendo cada parágrafo com cautela e clareza para que o público, em geral, possa entender os diversos tópicos sobre o átomo. *Reflexivamente*, ele adiciona informações sobre um tópico que estava em destaque na época, de modo que seu valor intelectual para um proprietário de tal livro pode ser muito alto.

7 ANÁLISE DE IMAGENS

O livro *Our Friend the Atom* adotou a estética modernista do Estúdio durante o período do pós-guerra e se difundiu nos Estados Unidos ao longo das décadas de 1950 e 1960. Na página 66 do livro, Heinz Haber discute o quão avançada era a Matemática no século XIX, apresentando o reconhecimento da existência do movimento dos átomos. Ele prossegue com o movimento violento de átomos e moléculas quando expostos ao calor, exemplificando tal processo com um exemplo: ao se colocar um cubo de gelo em uma jarra e colocá-los sobre o fogo. Ao lado da explicação escrita do fenômeno, há duas ilustrações do mesmo (Figura 3).

Figura 3 - Ilustração de um cubo de gelo ebulição dentro de um frasco colocado sobre um fogo



Fonte: Haber, 1957, p. 67.

Na primeira ilustração selecionada, há a representação de um bule de chá com um cubo de gelo. O bule é colocado em cima de uma vela acesa. Baseada na semiótica, a denotação desses objetos é simples de se ler, exceto pelo cubo de gelo, que não se parece com um cubo real, mas sim as moléculas que contém e o estado em que se encontram no momento. As moléculas são representadas por círculos. Então, é necessária uma conotação, outra referência a ser interpretada. Na segunda ilustração, é importante notar o foco dado ao movimento mais rápido das moléculas de água, especialmente à medida que elas ficam mais rápidas com o calor, transformando-se em vapor "movimentando-se com sua maior força - força suficiente para empurrar a tampa do frasco" (Haber, 1957, p. 67). As moléculas agora comportam-se de forma caótica e sua conotação implica movimento, especialmente quando colocadas junto com o vapor. As duas ilustrações mostram dois estados diferentes das moléculas de água, e como se comportam antes e depois que uma força externa é aplicada a elas. A teoria da semiótica de Peirce é importante para entender o que são os signos ilustrados e o que eles representam. A estética modernista da Disney remete às suas visões utópicas da época, implicando numa positividade para o futuro, com o auxílio da tecnologia e da ciência. Isso permite a compreensão do que está sendo representado nessas ilustrações.

O bule e a vela, sendo facilmente reconhecíveis, criam uma relação positiva do leitor com a imagem, pois podemos encontrá-los na casa da maioria das pessoas e assemelham-se a um aconchego. A tampa inclinada era ilustrada deslocada da chaleira em si, e como nos desenhos animados, à época, eram vistos como entretenimento dinâmico, pois o público conseguia relacionar-se emocionalmente com eles em um nível visceral.

Como mostrado na série de TV (LUSKE, 1957), a palestra de Haber sobre as reações nucleares em cadeia foi mostrada em um curta-metragem, com o cientista jogando uma bola de pingue-pongue em uma mesa repleta de ratoeiras engatilhadas, as quais representam núcleos atômicos instáveis (de urânio 235, por exemplo). Outras bolas de pingue-pongue, se posicionam sobre elas (duas em cada ratoeira), representando os nêutrons que são libertados quando eles se separam. "Uma única bola de pingue-pongue, lançada sobre a mesa, desencadeou uma onda espetacular de atividade e finaliza o conceito de reações em cadeia instantaneamente memoráveis" (VAN RIPER, 2011, p. 92), conforme mostrado na Figura 4.

Figura 4 - Reação em cadeia representada na série de TV *Our Friend the Atom*



Fonte: Luske, 1957.

Essa analogia é tão poderosa para representar a reação em cadeia que continua surgindo em muitos outros contextos, como na campanha do Departamento de Saúde de Ohio para gerar consciência sobre o distanciamento social para evitar riscos de contrair o SARS-CoV-2 (Figura 5).

Figura 5 - O Departamento de Saúde de Ohio tem uma mensagem poderosa para o público: “Pare a propagação. O distanciamento social funciona”



Fonte: Horton; Bernstein, 2020.

A ideia não é semelhante, mas análoga, em usar multidões de pessoas para mostrar o perigo da contaminação (um conjunto de várias ratoeiras engatilhadas), e, depois, o efeito de ratoeiras bem separadas como uma analogia de “distanciamento social”.

No livro, a ilustração da ratoeira aparece na página 131, exemplificando graficamente a reação em cadeia - derivada da fissão atômica explicada no texto do livro - como uma ratoeira

acionada por uma bola de pingue-pongue, uma representação estática do experimento da ratoeira mostrado na TV (Figura 6).

Figura 6 - Ilustração da reação em cadeia



Fonte: Haber, 1957, p. 131.

Lendo a imagem segundo o método elaborado por Silva e Neves (2018), é possível observar, na primeira etapa (análise de formas) que o amarelo pastel do fundo contrasta com o verde sem volume definido (tons podem variar no formato digital). As ratoeiras, em marrom, não apresentam contorno definido ou perspectiva. Baseiam-se na estilização do objeto e, assim como as bolas de pingue-pongue (em bege pastel), são geometrizadas (CADURO, 2008).

Os elementos são assimétricos, colocados na imagem sem uma ordem a ser seguida. No meio, há linhas retas em tons pastel e linhas vermelhas tracejadas e curvas. Todos os objetos estão voltados para o observador, mas em posições diferentes. As ratoeiras são ícones, pois se assemelham muito ao objeto real em sua representação, embora sejam elementos simples.

Na semiótica, o interpretante pode compreender os signos por meio da representação, tanto sob as definições conotativas quanto denotativas. Do ponto de vista da denotação, pode-se entender claramente que existem ratoeiras e circunferências representando bolas, mas sem o suporte conotativo, o leitor não seria capaz de entender a analogia, pois existe um fenômeno de fissão nuclear ao qual relacioná-la.

As bolas de pingue-pongue seguem o mesmo tipo de distribuição, mesmo quando, no geral, o aspecto é caótico e desordenado. Não obstante, o arranjo tumultuado causa “a sensação base racional de beleza, tal projeto tinha que transmitir a ideia de uma ordem de natureza universal” (GALILI, 2013, p. 1915).

No segundo passo, a análise de conteúdo, existe a representação de uma reação em cadeia com ratoeiras e bolas de pingue-pongue. As ratoeiras, que se assemelham visualmente às reais (ícones), representam átomos de urânio (como ambos, ratoeiras e átomos, contêm a energia armazenada), e as bolas representam nêutrons (HABER, 1957). Algumas ratoeiras representam o antes e outras o depois, sugerindo que a ativação de uma leva ao desencadeamento da outra. As linhas vermelhas aparecem ao longo de toda a imagem, de forma aleatória, nem sempre apresentando um ponto inicial ou final (mesmo, teoricamente, a partir da ratoeira), dando-lhes um sentido caótico. Eles estão tracejados para indicar movimento, por onde as bolas de pingue-pongue deveriam ter passado.

Na terceira etapa, análise das relações que envolvem a imagem, devemos verificar quem é o autor da fotografia. No entanto, o livro não especifica qual dos quinze artistas da Disney envolvidos no projeto fez a imagem em questão, apesar de termos conhecimento que Paul Hartley está na direção de arte. O leitor pretendido para os estúdios da Disney era o público

norte-americano em geral, que teria acesso às informações preparadas sobre a energia nuclear tanto por meio do livro quanto por uma série de televisão aos domingos. Segundo Halden (2016), durante a Guerra Fria, o governo norte-americano tentou reposicionar a tecnologia nuclear como uma força benevolente por meio da energia atômica. O trabalho feito em *Our*

Friend the Atom pela Disney tentou acalmar os temores sobre os efeitos nucleares e educar o público sobre a positividade da tecnologia à medida que a indústria de energia nuclear começou a crescer de forma mais dominante (HALDEN, 2016), melhorando a imagem vilanesca dos EUA.

Por fim, a quarta etapa proposta busca interpretar a imagem como um todo. No caso do referido livro com informação científica, explicando ao público um acontecimento científico, com fins de propaganda governamental para esse acontecimento, a ilustração se opõe à ordem, denotando caos controlado, e cumpre o seu papel informativo. Machado e Braga (2016) explicam que tal representação é uma “tentativa de compreender o mecanismo interno de um sistema ou evento. Esse mecanismo é hipotético e é inventado a partir de conceitos inobserváveis e abstratos” (MACHADO; BRAGA, 2016, p. 830). Baseado em conceitos criados em movimentos de Arte Moderna do pós-guerra, como o Expressionismo Abstrato e a coloração de campos de cor, produziu-se, no livro, uma obra que representou o modernismo da época em uma imagem que mostra o comportamento e a ocorrência de uma reação nuclear. Por exemplo, a abordagem da Disney para popularizar a ciência da energia atômica difere e se destaca do livro escolar comum. Os livros didáticos de ciências produzidos para a educação formal tendem a apresentar o conhecimento científico e tecnológico como mais especializado e divergente do conhecimento cotidiano em comparação com os livros de curiosidades científicas para leigos (BUNGUM, 1970; DIMOPOULOS; KOULALIDIS; SKLAVENTI, 2003), como em *Our Friend the Atom*.

8 AS IMPLICAÇÕES NO ENSINO DE CIÊNCIAS E ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA

A ‘disneyficação’ da ciência presente na cosmovisão de *Our Friend the Atom* reivindica a abertura de um novo mundo, utilizando um grande cientista e comunicador da ciência, Heinz Haber (como Von Braun), ocupado em uma corrida de um novo mundo contra o mundo soviético: as corridas espacial de um lado, e nuclear, de outro. Mas o filme, usando aspectos da história da ciência, começa com Demócrito até a era atômica dos últimos anos do século XIX e das quatro décadas do século XX. A história da ciência atômica presente no filme se aproxima de uma concepção da ciência noturna, conforme descrito por Jacob (1998, p. 126):

A ciência noturna é uma espécie de oficina do possível, onde se trabalha o que se tornará o material de construção da ciência. Onde as hipóteses permanecem na forma de pressentimentos vagos e impressões confusas. Onde os fenômenos ainda não são mais do que eventos solitários sem nenhuma ligação entre eles. Onde o projeto de experimentos mal tomou forma. Onde o pensamento avança por caminhos sinuosos e caminhos sinuosos, na maioria das vezes não levam a lugar nenhum. À mercê do acaso, a mente se debate em um labirinto, inundada de sinais, em busca de um sinal, um aceno de cabeça, uma conexão inesperada.

A ciência noturna é a magia que permitiu que as ideias atômicas se firmassem após as cinzas das devastadas cidades de Hiroshima e Nagasaki. É como uma metáfora da experiência cotidiana da ciência normal, como na epistemologia kuhniana.

Na época em que *Our Friend the Atom* foi lançado, o selo Disney era sinônimo do sonho norte-americano numa cultura alimentada por consumismo e ilusões. Uma cultura é o compartilhamento de maneiras de pensar, bem como um universo de símbolos e crenças. Wills

(2017) defende que a cultura Disney se tornou expansiva e difusiva, sendo invejada até mesmo nas escolas e na vida familiar em todo o mundo. A ‘disneyficação’ da sociedade é representada pelo seu motor original, a própria Disney, que ditou influências e novas tendências na vida dos consumidores, não somente da sociedade norte-americana, mas nas diferentes sociedades que importavam o *the (north)american way of life*.

A Disney se conecta com as ideias da infância, o crescimento da cultura do consumo e a uma propensão nacional para a nostalgia e um futuro utópico. Ela forneceu uma escapatória em períodos de luta, como a Guerra Mundial, a Grande Depressão e a Guerra Fria. Emocionalmente, estava profundamente conectado à cultura norte-americana da época. O produto Disney foi vendido por causa de um marketing perspicaz, excelência técnica e impacto emocional. *Our friend the atom*, portanto, é outra maneira pela qual a Disney influencia o público em suas visões políticas: apoiando a energia atômica, ensinando-a, em sua forma mágica, como ela funciona.

Além disso, é evidente como a ilustração do experimento da ratoeira (Figura 6) faz referência ao experimento de água fervente apresentado na Figura 3. O movimento livre e caótico de moléculas que fazem com que outras se movam é mostrado de forma análoga. Ou seja, não apenas o estilo permaneceu o mesmo, mas principalmente as representações usaram os mesmos códigos visuais: moléculas como círculos e movimento como linhas indo em várias direções num determinado espaço. A explicação escrita sobre como as ações começam na Figura 6 é semelhante àquela fornecida na Figura 3:

Quando as moléculas rápidas da chama ricocheteiam nas moléculas do vidro, estas também começam a se mover mais rápido. Por sua vez, as moléculas de vidro ricocheteiam contra as moléculas de gelo e as fazem vibrar mais rápido também. É como um jogo de bilhar com as bolas saltando umas contra as outras (HABER de 1957, p. 67).

A abordagem representacional (MACHADO; BRAGA, 2016) que os autores usaram para explicar a água fervente aplica um fenômeno da Física a uma experiência cotidiana. Isso o torna mais identificável para o público leigo devido à sua representação simbólica (GIROD; RAU; SCHEPPE, 2003; DEWEY, 2005; JAKOBSON; WICKMAN, 2015). Mesmo a representação do movimento do jarro torna a ilustração lúdica, não estática e mais divertida. Com essa ideia clara, torna-se mais fácil entender o que é explicado mais tarde na reação atômica em cadeia.

Inicialmente, este livro e os vídeos foram criados para o entretenimento e para a alfabetização científica, como escreveu o próprio Disney (1954, p. 82) e já salientado anteriormente. No entanto, esses vídeos ultrapassaram o objetivo de entreter e chegaram à sala de aula, tornando-se uma ferramenta didática (*edutainment*, como citado anteriormente), pelo tipo de comunicação que apresentava, dialogando com o público sob a ótica da educação e do entretenimento.

A estória é genial por sua característica em apresentar ideias de uma forma agradável, clara e compreensível, mesmo quando se trata de um assunto tão polêmico e abstrato, tornando a energia nuclear um tema amigável, embora tenha sido usada como arma, aniquilando milhares de vidas inocentes. Langer (1995, p. 86) argumenta que “todas essas coisas foram transformadas, pela magia da Disney e com as cores da Disney, em pura diversão, como se o verdadeiro propósito da conquista tecnológica, afinal, fosse a felicidade humana”. Baxter (2014) e Popova (2013) também discutem esse tema, aproximando Disney da guerra.

A comunicação amigável é amplamente usada e incentivada por teóricos do ensino. Henry Wallon, John Dewey, Maria Montessori e muitos outros teóricos discorrem sobre esse

tipo de atitude em relação aos alunos (KROGH, 1982; LA TAILLE; OLIVEIRA; DANTAS, 1992; BLAIR, 2012; CUNHA, 2016). Mahoney e Almeida (2005, p. 19) afirmam que a afetividade “refere-se à capacidade, à vontade do ser humano de ser afetado pelo mundo externo/interno por sensações ligadas a tons agradáveis ou desagradáveis”. Intimamente relacionado está a emoção; medo, alegria, raiva, ciúme, tristeza, e que, para esses autores, são a resposta a um estímulo; correr, ficar, atacar, relaxar e assim por diante. Essas experiências podem mudar a educação, contribuindo ou dificultando o aprendizado. Dewey (2005) aborda a questão da emoção e da afetividade e vai além; ele lida com arte, experiência e motivação. Girod e Wong (2000) apontam que Dewey cita: “a tarefa da escola é fornecer aos alunos experiências transformadoras: experiências que são valiosas em si mesmas e em seu potencial para levar a outras experiências que valem a pena”.

As artes, acima de tudo, nos ensinam algo sobre o que significa passar por uma experiência. Encontros bem-sucedidos com objetos de arte e performances oferecem um conjunto de padrões pelos quais julgamos tratar-se de experiências comuns. Portanto, a teoria de Dewey atende ao princípio propugnado por Disney. O próprio Walt Disney (1954, p. 83) explica que os vídeos pretendiam ser “tanto informativos quanto de entretenimento”. Para criar essa “reação”, seus estúdios construíram uma experiência, assim como o livro e suas imagens. As imagens são um caminho para a aprendizagem de estímulos, pois é uma espécie de metáfora, que auxilia no entendimento. Imagens e suas estéticas permitem uma experiência enriquecedora pois são facilmente lembradas, tornam a aprendizagem significativa, incentivam a alfabetização visual e criam engajamento (PUGH; GIROD, 2007).

Berry, Schmied e Schrock (2008, p. 428) defendem a importância da experiência visual, apontando o que “as imagens têm em termos de memória e aprendizagem de longo prazo”. A seguir, explicam que é comum relacionar o ensino e a aprendizagem por meio de imagens com os livros didáticos, embora o que venha à mente sejam imagens brandas, neutras e com pouca emoção. Não é o caso do *Our Friend the Atom* (Haber, 1957). O livro rico, emocionante e colorido cria uma dialética e legibilidade únicas, compondo imagens com significado para cada detalhe que compõe a arte e sua estética; conseqüentemente, o livro cria uma experiência agradável para o leitor. A título de exemplo, na Figura 6, toda a composição é feita para atrair o leitor. Todas as outras imagens apresentadas neste artigo têm um motivo pelo qual cor, objeto, forma, contexto, espaço vazio e movimento foram escolhidos (GARCIA, 2010). A narrativa é, pois, intencional, atingindo o leitor em cheio em seu propósito de entreter e educar.

9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os estúdios da Disney são historicamente conhecidos por apoiar o governo dos Estados Unidos. No entanto, a linguagem visual que eles usaram em *Our Friend the Atom* não é discutida quanto a seus outros materiais relativos à Segunda Guerra Mundial. Entendemos a imagem selecionada em um contexto específico, seu papel nesse contexto e a análise de suas informações visuais. Seguindo o método proposto por Silva e Neves (2018), foi possível compreender cada informação contida na imagem, dando-nos uma melhor noção do porquê da informação visual se apresentar de tal modo.

Conforme Cohen e Johnson, (2012, p. 928) avaliam: “a imaginação desempenha um papel importante na facilitação da aprendizagem” e “é importante incorporar imagens ao instruir os alunos sobre novos significados e conceitos”. Orientando-nos por essa reflexão e pelas imagens, apontamos para a relevância na ciência da utilização da imagem como ferramenta educacional. Muitos autores são uníssomos na qualidade das imagens como um aprimoramento para a aprendizagem das ciências (JACOBI; SCHIELE, 1989; FISCHMAN E., 2001; COHEN; JOHNSON, 2012).

Com a intenção inicial de manter-se no entretenimento, os vídeos ultrapassaram barreiras e chegaram à escola como auxiliares no ensino. O livro, no entanto, manteve sua posição na divulgação científica. O método qualitativo que usamos foi um caminho para mostrar a importância da análise de imagens e suas implicações. As imagens devem ser criadas para possibilitar experiências, e como Berry, Schmied e Schrock (2008) afirmam, a pesquisa com imagens emocionais sugere que imagens “neutras” não podem ser apenas ignoradas pelos alunos, mas também podem ser uma distração na aprendizagem. Isso demonstra claramente a relevância da leitura de imagens e da análise de composição e contexto. *Our Friend the Atom*, foi capaz de tornar agradável um assunto complexo, polêmico, político e assustador. As ações estéticas e educacionais da Disney foram cruciais para o desenvolvimento desta obra de arte e de ciência.

O poder da história e as imagens do livro são a mensagem para o mundo (embora seja baseado no estilo de vida dos norte-americanos, o famoso *the american way of life*). As imagens são intertemporais no sentido de que o impacto da analogia da ratoeira para explicar a fissão atômica foi também usada em publicidade recente para proteger as pessoas contra o SARS-CoV-2 (coronavírus) como mencionamos neste artigo.

Norman (2005) afirma que um afeto negativo torna o público mais ansioso e desconfortável, embora torne o leitor mais atento e focado. Por outro lado, uma “reação positiva desperta a curiosidade e envolve a criatividade, e torna o cérebro um organismo de aprendizagem eficaz” (p. 26), mas é muito menos focado e muito mais propenso a ser receptivo a interrupções. Portanto, é necessário haver um equilíbrio entre os efeitos positivos e negativos. É importante que o leitor se sinta feliz e de bom humor, mas que haja desconforto suficiente para que se concentre, para garantir que todas as informações sejam obtidas. Ambas imagens analisadas, no caso deste artigo, contém caos e tranquilidade, e a estética adotada pela Disney era bem versada de uma forma que se torna útil para a alfabetização científica.

Embora a generalização que este texto possa implicar, existem limitações nesta pesquisa, uma vez que analisamos apenas uma imagem deste livro totalmente ilustrado com 164 páginas. Estudos futuros poderiam empregar uma análise de outras ilustrações e comparações com livros didáticos feitos para a educação formal. Independentemente dessas limitações, a presente pesquisa discutiu implicações teóricas na comunicação imagética para o público leigo, fundamentando-se em bases teóricas da semiótica e do design emocional de Norman (2005), além do método de análise interdisciplinar de imagens de Silva e Neves (2018). Portanto, esta pesquisa pode ser um ponto de partida para outras análises sobre a relação entre alfabetização científica e livros didáticos de ciências.

REFERÊNCIAS

ACHIAM, M. **Didactic Transposition**: From theoretical notion to research programme. ESERA (European Science Education Research Association), 2014.

ATKIN, A. **Peirce’s Theory of Signs**. 2013. Disponível em: <<https://plato.stanford.edu/archives/sum2013/entries/peirce-semiotics/>>. Acesso em: 12 mar. 2021.

BAXTER, J. **Disney During World War II**: How the Walt Disney Studio Contributed to Victory in the War. Los Angeles, CA: Disney Editions, 2014.

BERRY, C.; SCHMIED, L. A.; SCHROCK, J. C. The Role of Emotion in Teaching and Learning History: A Scholarship of Teaching Exploration. **The History Teacher**, v. 41, n. 4, p. 437–452, 2008.

BLAIR, J. A. **Groundwork in the Theory of Argumentation**: Selected Papers of J. Anthony Blair. Windsor, ON: Springer, 2012. v. 48

BUNGUM, B. Images of physics: an explorative study of the changing character of visual images in Norwegian physics textbooks. **Nordic Studies in Science Education**, v. 4, n. 2, p. 132–141, 1970.

CADURO, F. V. Design gráfico & pós-modernidade. **Revista FAMECOS**, v. 7, n. 13, p. 127–139, abr. 2008.

CATMULL, E.; WALLACE, A. **Creativity, Inc.:** Overcoming the Unseen Forces That Stand in the Way of True Inspiration. New York: Random House Publishing Group, 2014.

COHEN, M. T.; JOHNSON, H. L. Improving the acquisition and retention of science material by fifth grade students through the use of imagery interventions. **Instructional Science**, v. 40, n. 6, p. 925–955, 2012.

CUNHA, M. V. Experiência e afeto em Dewey: uma conexão orgânica. **Educação em Foco**, v. 20, n. 2, p. 251, 2016.

DEWEY, J. **Art as Experience**. [s.l.] Perigee Books, 2005.

DIMOPOULOS, K.; KOULAUDIS, V.; SKLAVENITI, S. Towards an analysis of visual images in school science textbooks and press articles about science and technology. **Research in Science Education**, v. 33, n. 2, p. 189–216, 2003.

DISNEY, W. Educational values in factual nature pictures. **Educational Horizons**, v. 33, n. 2, p. 82–84, 1954.

FISCHMAN E., G. Reflections about images, visual culture, and educational research. **Educational Researcher**, v. 30, n. 8, p. 28–33, 2001.

GALILI, I. On the Power of Fine Arts Pictorial Imagery in Science Education. **Science and Education**, v. 22, n. 8, p. 1911–1938, 2013.

GARCIA, T. **Form and Object**: A Treatise on Things. Edinburgh: Edinburgh University Press Ltd, 2010.

GILBERT, J. K. Models and modelling: Routes to more authentic science education. In: International Journal of Science and Mathematics Education, 2, **Anais...**2004.

GIROD, M.; RAU, C.; SCHEPIGE, A. Appreciating the Beauty of Science Ideas: Teaching for Aesthetic Understanding. **Science Education**, v. 87, n. 4, p. 574–587, 2003.

GIROD, M.; WONG, D. An aesthetic (Deweyan) perspective on science learning: Case studies of three fourth graders. **Elementary School Journal**, 102(3), 198–224, 2000.

HABER, H. **Our friend the atom**. New York: Simons and Schuster, 1957.

HALDEN, G. Haunting Clouds. **Alluvium: 21st-Century Writing, 21st-Century Approaches**, v. 4, n. 5, 2016.

HENRIKSEN, M. A. **Dr. Strangelove's America: society and culture in the atomic age**. [s.l.] University of California Press, 1997.

HOFSTEIN, A.; ROSENFELD, S. Bridging the Gap Between Formal and Informal Science Learning. **Studies in Science Education**, v. 28, n. 1, p. 87–112, jan. 1996.

HOOPES, J. **Peirce on Signs: Writings on Semiotic by Charles Sanders Peirce**. Chapel Hill: The University of North Carolina Press, 1991.

HORTON, A.; BERNSTEIN, L. **This video of mousetraps and ping-pong balls makes crystal clear why social distancing works**. 2020. Disponível em: <<https://www.washingtonpost.com/health/2020/04/10/ohio-coronavirus-video/>>. Acesso em: 12 maio. 2021.

HURD, P. D. Science literacy: Its meaning for american schools. **Educational Leadership**, v. 16, n. October, p. 13–16, 1958.

JACOB, F. **Of flies, mice and men**. [s.l.] Harvard University Press, 1998.

JACOBI, D.; SCHIELE, B. Scientific Imagery and Popularized Imagery: Differences and Similarities in the Photographic Portraits of Scientists. **Social Studies of Science**, v. 19, n. 4, p. 731–753, 29 nov. 1989.

JAKOBSON, B.; WICKMAN, P. O. What Difference Does Art Make in Science? A Comparative Study of Meaning-Making at Elementary School. **Interchange**, v. 46, n. 4, p. 323–343, 2015.

JAPPY, T. **Introduction to Peircean Visual Semiotics**. London: Bloomsbury Publishing, 2013.

JONĀNE, L. Using Analogies in Teaching Physics: A Study on Latvian Teachers' Views and Experience. **Journal of Teacher Education for Sustainability**, v. 17, n. 2, p. 53–73, 1 dez. 2015.

KOEHNE, J. B.; HEUMANN, I. Imagination einer Freundschaft - Disneys Our Friend theAtom. Bomben, Geister und Atome im Jahr 1957 I. In: HÖCKER, A. et al. (Ed.). **Verschiebungen**. Analysen intermedialen diskursiven und zeitlichen transfer von wissen. [s.l.] Jahrgang, 2018. p. 372–395.

KRESS, G.; LEEUWEN, T. Van. **Reading images: the grammar of visual design**. 2nd. ed. New York: Routledge, 2006.

KROGH, S. L. Affective and social development. **Topics in Early Childhood Special Education**, v. 2, n. 1, p. 55–62, 17 abr. 1982.

LA TAILLE, Y.; OLIVEIRA, M. K.; DANTAS, H. **Piaget, Vygotsky, Wallon: teorias psicogenéticas em discussão**. São Paulo: Summus Editorial, 1992.

LANGER, M. Why the Atom is our Friend: Disney, General Dynamics and the USS Nautilus. **Art History**, v. 18, n. 1, p. 63–96, 1995.

LENTE, D. van. Introduction: A Transnational History of Popular Images and Narratives of Nuclear Technologies in the First Two Postwar. In: LENTE, D. VAN (Ed.). **The Nuclear Age in Popular Media: A Transnational History, 1945–1965 Postwar Decades**. New York: Palgrave Macmillan, 2012. p. 1–17.

LESJAK, D. **Service with character: the Disney Studios and World War II**. [s.l.], 2014.

LUSKE, H. **Our Friend the Atom (Tomorrow Land) - Walt Disney Treasures**, 1957. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=Rv714CgHP9E>>. Acesso em: 27 maio. 2019.

MACHADO, J.; BRAGA, M. A. B. Can the History of Science Contribute to Modelling in Physics Teaching?: The Case of Galilean Studies and Mario Bunge's Epistemology. **Science and Education**, v. 25, n. 7–8, p. 823–836, 2016.

MARTIN, K. Growing Up In The Atomic Age. **Mãnoa Horizons**, v. 2, n. 1, p. 149–157, 2017.

MATTHEWS, M. R. **Science Education, Teacher Education, and Culture**. [s.l.], 2011.

MCMULLIN, E. Galilean idealization. **Studies in History and Philosophy of Science Part A**, v. 16, n. 3, p. 247–273, set. 1985.

MECHLING, E. W.; MECHLING, J. The atom according to Disney. **Quarterly Journal of Speech**, v. 81, n. 4, p. 436–453, 1995.

MENÉNDEZ NAVARRO, A. Una cámara para nuestro amigo el átomo: la representación de las tecnologías médicas nucleares en NO-DO. **Quaderns de Cine**, n. 4, p. 47–56, 2015.

NORMAN, D. A. **Emotional Design: Why We Love (or Hate) Everyday Things**. New York: Basic Books, 2005.

POPOVA, M. **Our Friend the Atom: Disney's 1956 Illustrated Propaganda for Nuclear Energy**, 2013.

PUGH, K. J.; GIROD, M. Science, art, and experience: Constructing a science pedagogy from Dewey's aesthetics. **Journal of Science Teacher Education**, v. 18, n. 1, p. 9–27, 2007.

SHORT, T. L. **Peirce's theory of signs**. Cambridge: Cambridge University Press, 2007.

SILVA, J. A. P.; NEVES, M. C. D. Leitura de imagens como possibilidade de aproximação entre arte e ciência. **Em Aberto**, v. 31, n. 103, dez. 2018.

STAVY, R. Using analogy to overcome misconceptions about conservation of matter. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 28, n. 4, p. 305–313, 1991.

STUART, M. T. Everyday Scientific Imagination. **Science & Education**, v. 28, n. 6–7, p. 711–730, 14 set. 2019.

VAN RIPER, A. B. **Learning from Mickey, Donald and Walt: essays on Disney's edutainment films**. [s.l.] McFarland & Co., Publishers, 2011.

WARNER PATHÉ. **News Magazine of the Screen: Atomic Energy**. Warner Pathe News, 1950.

WHITLEY, D. **The Idea of Nature in Disney Animation: From Snow White to WALL-E**. Farnham UK: Ashgate Publishing, Ltd., 2012.

WILLS, J. **Disney culture**. New Jersey: Rutgers University Press, 2017.